



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad
de los equipos de aire acondicionado, en una empresa
metalúrgica, Lima-Perú, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA INDUSTRIAL**

AUTORES:

Huillca Paniura, Roxana Yessica (ORCID: 0000-0003-2036-4795)

Jeri Guillen, Ruth (ORCID: 0000-0003-4129-3797)

ASESOR:

Dr. Panta Salazar, Javier Francisco (ORCID: 0000-0002-1356-4708)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedicamos exclusivamente a todas las personas que más han incidido en nuestras vidas, guiándonos, dándonos los mejores consejos y haciéndonos personas de bien.

Así también, se los dedicamos a nuestros padres que con su amor y aliento nos han venido apoyando en nuestro camino profesional.

Agradecimiento

Primeramente, agradecemos al Altísimo, por la fortaleza, sabiduría y paciencia brindada en cada momento, lo cual hizo posible poder culminar con nuestro informe de investigación.

Así mismo, agradecer a todos nuestros docentes por su esmero y dedicación para poder guiarnos en el trayecto profesional, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	9
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación	28
3.2. Variables y operacionalización.....	30
3.3. Población, muestra y muestreo.....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5. Procedimientos	37
3.6. Método de análisis de datos.....	38
3.7. Aspectos éticos	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN	74
VI. CONCLUSIONES	78
VII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	81

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	36
Tabla 2. Validez del instrumento a Juicio de expertos-Universidad Cesar Vallejo.	37
Tabla 3. Productos y subproductos principales de la empresa.	43
Tabla 4: Equipos y maquinarias del área de Electrolisis.....	45
Tabla 5. Diagnóstico de la situación actual de la disponibilidad, abril a Julio.	50
Tabla 6. Diagnóstico de la situación actual de la confiabilidad, abril a Julio.	51
Tabla 7. Diagnóstico de la situación actual de la mantenibilidad, abril a Julio.	52
Tabla 8: Acta de compromiso de la alta gerencia.....	55
Tabla 9. Puntuación de los niveles de criticidad.	71
Tabla 10. Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF).....	75
Tabla 11: Herramientas y materiales para en plan de mantenimiento preventivo.....	40
Tabla 12. Post test de la disponibilidad, Setiembre a noviembre.....	60
Tabla 13. Post test de la confiabilidad, Setiembre a noviembre.	61
Tabla 14. Post test de la mantenibilidad, Setiembre a noviembre.	62
Tabla 15. Análisis comparativo de la disponibilidad de equipos.....	63
Tabla 16. Análisis comparativo de la confiabilidad.	65
Tabla 17. Análisis comparativo de la mantenibilidad.....	66
Tabla 18. Prueba de normalidad de la disponibilidad de equipos.	67
Tabla 19. Prueba de normalidad de la confiabilidad de equipos.	68
Tabla 20. Prueba de normalidad de la mantenibilidad de equipos.	68
Tabla 21. Estadígrafos.	69
Tabla 22. Comparación de la hipótesis general según estadísticas de muestras emparejadas.....	70
Tabla 23. Prueba T-Student de la disponibilidad de equipos.....	70
Tabla 24. Comparación de la hipótesis específica 1 según estadísticas de muestras emparejadas.....	71
Tabla 25. Prueba Wilcoxon referente a la confiabilidad.....	72
Tabla 26. Comparación de la hipótesis específica 2 según estadísticas de muestras emparejadas.....	72
Tabla 27. Prueba Wilcoxon referente a la mantenibilidad.	73

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Impacto comercial del sector metalúrgico en millones de dólares.	2
Figura 2. Exportación metalúrgica de Perú periodo 2017.....	3
Figura 3. Evolución del mantenimiento.....	15
Figura 4. Flujograma del mantenimiento preventivo.....	19
<i>Figura 5. Flujograma del mantenimiento correctivo.....</i>	<i>20</i>
Figura 6. Estructura del diagrama de Ishikawa	23
Figura 7. Estructura del diagrama de Pareto	24
Figura 8. Principales clientes de la empresa	40
Figura 9. Vista satelital de la empresa metalúrgica.	42
Figura 10: Mapa de procesos.....	44
Figura 11: Lluvia de ideas realizado en coordinación con el personal de mantenimiento. 46	
Figura 12: Falta de un plan de mantenimiento	47
Figura 13: Equipos de aire acondicionado en mal estado.....	47
Figura 14: Equipos de aire acondicionado inoperativos.....	48
Figura 15: Falta de repuestos en el almacén.....	48
Figura 16: Insuficientes herramientas y/o equipos para realizar el mantenimiento	49
Figura 17. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa.....	64
Figura 18: Plan de capacitación al personal.	64
Figura 19: Inventario de los equipos de aire acondicionado	65
Figura 20: Componentes de los equipos de aire acondicionado.....	69
Figura 21: Análisis de criticidad de los equipos.....	71
Figura 22: Nivel de criticidad de los equipos de aire acondicionado	73
Figura 23: Ponderación del grado de severidad.....	74
Figura 24: Ponderación del grado de ocurrencia	74
Figura 25: Ponderación del grado de detección.....	75
Figura 26: Costos de consumibles para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.....	37
Figura 27: Costos de Stock de repuestos para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.....	38
Figura 28: Costos de Lista herramientas para el Plan de Mantenimiento preventivo.	39
Figura 29: Costos de Lista de equipos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.	41
Figura 30: Costos de Lista de instrumentos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.	41
Figura 31: Flujograma del proceso de bloqueo y etiquetado de los equipos.....	44
Figura 32: Proceso de etiquetado y bloqueo por los trabajadores	46
Figura 33. Inducción de 5 minutos.....	46
Figura 34. Traslado de herramientas	47
Figura 35. Coordinación con los jefes de guardia.....	47
Figura 36. Verificación de energía 0.....	48
<i>Figura 37. Lavado de los equipos.....</i>	<i>49</i>
Figura 38. Montaje y/o colocación en su lugar de las piezas del equipo	49
Figura 39: Mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado tipo paquete.....	50

Figura 40: Inspección, verificación de corriente de equipos de aire acondicionado tipo paquete	52
Figura 41. Revisión del sistema eléctrico	53
Figura 42. Toma de parámetros de los equipos	54
Figura 43: Descripción del programa de mantenimiento	56
Figura 44: Epps necesarios para las actividades de mantenimiento preventivo.	57
Figura 45: Costos de Lista de EPP's y Uniformes para el Plan de Mantenimiento preventivo.	58
Figura 46: Costo de mano de obra	59
Figura 47: Costo anual del plan de mantenimiento preventivo	59
Figura 48. Disponibilidad pretest y post test	64
Figura 49. Confiabilidad pretest y post test	65
Figura 50. Mantenibilidad pretest y post test	67

Resumen

En el presente trabajo de investigación, se planteó como objetivo general determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, 2020; se empleó el método deductivo, con un estudio de tipo aplicada, nivel descriptivo explicativo y diseño preexperimental, con 12 semanas de pretest y post. La población lo conformaron 18 equipos de aire acondicionado y la muestra 9 equipos críticos. Las técnicas fueron la observación, análisis documental y el instrumento la ficha de recolección de datos.

La empresa no contaba con plan de mantenimiento, por ende, la disponibilidad inicial correspondió un 91.13%; luego de aplicar las mejoras, se obtuvo un 97.43%. De acuerdo con la significancia de $0.000 < 0.05$ en una estimación estadística T-Student, se hizo evidente una mejora luego de realizar el plan. Se concluyó que, el plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado.

Finalmente, se recomendó a los futuros investigadores, utilizar un software de mantenimiento de acuerdo con las necesidades de la empresa para optimizar tiempos y procesos. Asimismo, se sugirió profundizar el tema financiero a mayor detalle y los costos generales involucrados en el mantenimiento.

Palabras clave: Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, equipos de aire acondicionado.

Abstract

In the present research work, the general objective was to determine to what extent the preventive maintenance plan improves the availability of air conditioning equipment in a metallurgical company, Lima, 2020; The deductive method was used, with an applied study of a descriptive-explanatory level and a pre-experimental design with a 12-week pre-test and 12-week post-test. The population consisted of 18 air conditioning units and the sample of 9 critical units. Observation and documentary analysis were used as a technique and the instrument was the data collection sheet.

The company did not have a preventive maintenance plan, therefore, the initial availability corresponded to 91.13%; After applying the treatment to the independent variable, a 97.43% was obtained, increasing by 6.3%. According to the significance of $0.000 < 0.05$ in a statistical estimation of the Student's T-test, a relevant improvement was evident after carrying out the plan. Therefore, it was concluded that the preventive maintenance plan did manage to significantly improve the availability of air conditioning equipment in the company.

Finally, future researchers are recommended to use maintenance software in accordance with the demands and needs of the company to optimize times and processes. Likewise, it was suggested to deepen the financial issue in greater detail and the general costs involved in maintenance in order to propose new improvement strategies.

Keywords: Preventive maintenance plan, availability, air conditioning equipment.

I. INTRODUCCIÓN

En el primer capítulo, se describirá la realidad problemática en estudio a nivel mundial, nacional y de la empresa, a partir de la información encontrada de fuentes confiables; luego de ello se realizará el propósito de la investigación que comprende la justificación teórica, práctica, económica y social. Seguidamente, se formulará el problema, se plantearán los objetivos e hipótesis general y específicos de la investigación.

En la actualidad, las empresas globales del sector metalúrgico desarrollan un papel fundamental en la cadena de valor de múltiples industrias manufactureras de los países en desarrollo, buscan la manera de ser más competitivos y mejorar sus productos y servicios adaptándose continuamente a los cambios generacionales con la ayuda de modernas herramientas tecnológicas. Así mismo, tratan de mantener el proceso productivo lo más constante posible sin interrupciones durante todo el año, con la mínima cantidad de averías imprevistas de los equipos, asegurando la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos.

Para mantener el proceso productivo y los equipos en buenas condiciones, el mantenimiento industrial ha tomado gran importancia dentro de las empresas en los últimos tiempos, ya que una vez aplicado en ellas se obtenían múltiples ventajas, incluso llegando a ser una herramienta primordial para la supervivencia del sector, sin embargo, en un principio era considerado como un mal necesario para las industrias, debido a que únicamente eran destinados a ejecutar las reparaciones en una parada de la producción (mantenimiento correctivo) o en un momento de retraso, así fuese por falla total o parcial de los equipos.

Por otro lado, en el ámbito del crecimiento económico del mercado metalúrgico, el desarrollo tecnológico requirió una disminución de la oferta y un incremento del empleo de los metales; así a mediados de 2016, se ha podido observar una tendencia positiva de la demanda después de 8 años, esto a su vez, impulsada por la desvalorización del dólar estadounidense. Por consiguiente, se registró el aumento de los precios de los metales de la siguiente manera: (a) aluminio 37%, (b) cobre 44%, (c) níquel 53% y (d) zinc aumentó al doble. (Coface

Economic Research Department, 2018, p. 2). Sin embargo, en el periodo 2017-2019 la situación de la subida de precios por el aumento de la demanda podría haber forzado a los consumidores finales optar por materiales sustitutos.

Sin embargo, a febrero de 2020, se mostraron estadísticas del impacto comercial en el sector metalúrgico considerado por la epidemia COVID-19 en millones de dólares. Hoy en día, China es el fabricante de alrededor del 20% de los productos semi-terminados comercializados en la Supply Chain a nivel mundial, lo que representa un fragmento crítico en la cadena de valor del sector. En consecuencia, a lo anterior, la industria de la Unión Europea, se estima que tenga pérdidas mayores a mil millones de dólares norteamericanos a causa de la disminución de las exportaciones chinas y las interrupciones comerciales por la pandemia en un 2%. (Fernandez, 2020).

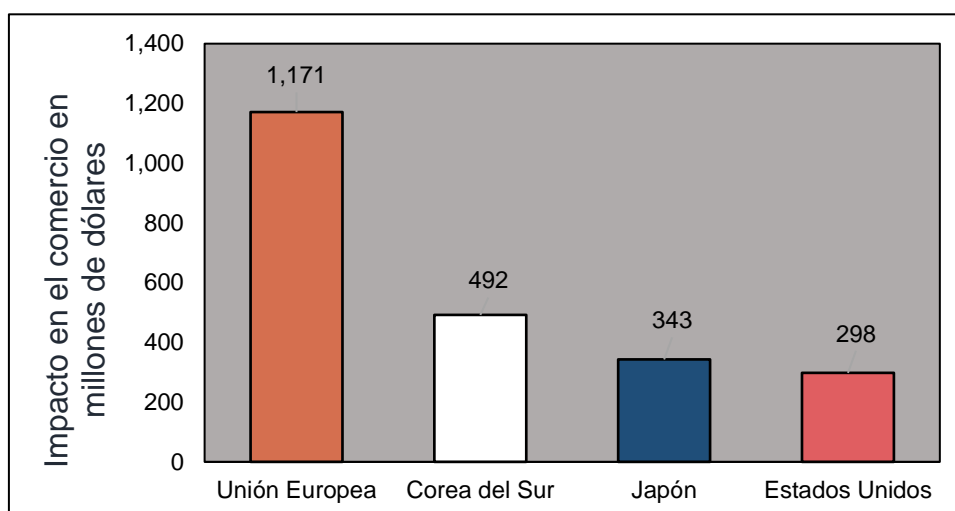


Figura 1. Impacto comercial del sector metalúrgico en millones de dólares.

En el ámbito peruano, dentro del contexto socioeconómico, la industria metalúrgica es principio de la riqueza. De acuerdo con los especialistas de la comisión de la Promoción peruana para la exportación y el turismo detallaron: “La exportación metalúrgica se expande en un 17% y alcanza los 1,038 millones de dólares estadounidenses para el 2016 y 298,270.354 millones de dólares estadounidenses para el 2017” (Agencia peruana de noticias, 2018). Los envíos en donde se concentraron primordialmente fueron: (a) Colombia, (b) Bélgica, (c) Estados Unidos, (d) Alemania, (e) Ecuador, (f) Bolivia, (g) Sudáfrica y (h) Chile. El

aumento fue incitado por el progreso de las ventas del alambre de cobre y el zinc sin alear.

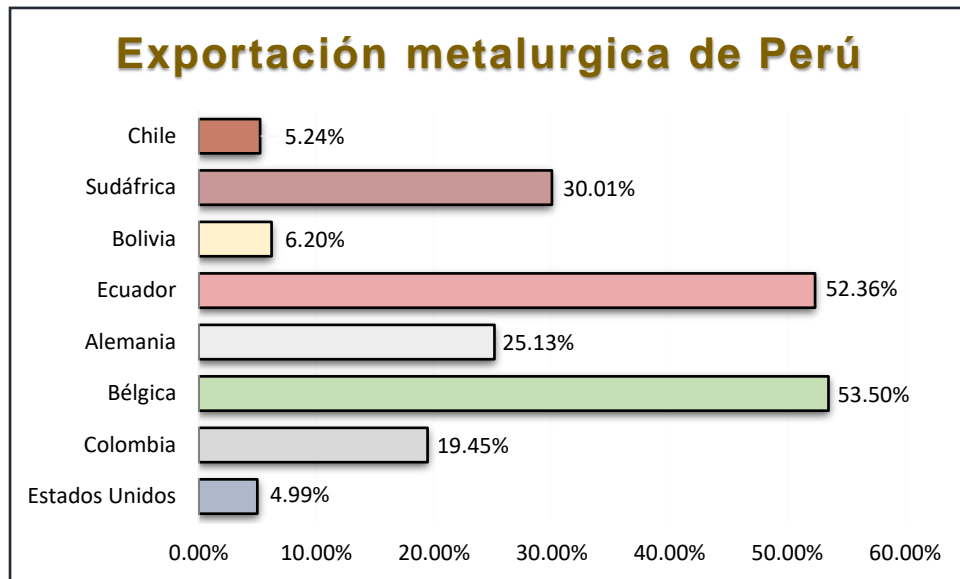


Figura 2. Exportación metalúrgica de Perú periodo 2017.

En referencia al mantenimiento preventivo como ventaja competitiva, en muchas partes del país hay empresas quienes lo estuvieron aplicando desde hace mucho tiempo atrás y les ha resultado provechoso, así como también existen empresas que no lo tomaron en cuenta por falta de un análisis y conocimientos previos de los beneficios principales a largo plazo que este trae, lo tomaron como una inversión innecesaria. Asimismo, en otras compañías ocurre que todavía esperan a que el equipo falle y deje de funcionar para intervenir, por lo que optan por el mantenimiento correctivo, no es una buena opción en algunas circunstancias porque genera altos costes de reparación y sitúa en peligro a la seguridad de los trabajadores.

En tal sentido, las exigencias son mayores para poder alcanzar la máxima eficiencia en las industrias, esto implica la obligación de implementar soluciones que mejoren la disponibilidad de los equipos, la vida útil y permitan asegurar el estado del manejo constante de los servicios con la mínima cantidad de paradas no programadas.

A nivel de la empresa, se ha podido identificar las causas del problema que afectan a los equipos de aire acondicionado; lo cual para analizar los factores que generan una baja disponibilidad, se emplearon el diagrama de Ishikawa, Pareto y los 5 porque como se muestran en las figuras 14 y 15, tabla 18 del anexo N° 6, en base a la información conseguida de la lluvia de ideas. Este diagrama sirve para explorar las causas potenciales o reales que explican el efecto de interés.

Como resultado del análisis de Ishikawa, la empresa en estudio presenta las siguientes causas principales que se pudieron encontrar: Falta de un plan de mantenimiento, los equipos se encuentran en mal estado o inoperativos, no hay repuestos básicos en el almacén, etcétera y todo eso hace que impacte negativamente en la empresa. Por tal motivo, se desea determinar a través de esta investigación lo siguiente, ¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020?

Teniendo en consideración la descripción de la realidad problemática y el propósito de la investigación se plantean los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020?

PE2: ¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020?

La justificación del presente estudio se precisa de la siguiente manera de acuerdo con algunos autores: “La justificación teórica tiene la finalidad de generar debate y reflexión acerca de los conocimientos existentes; además, se busca demostrar resultados de un patrón” (Bernal, 2010, p. 106). Así mismo, “pretende que los resultados conseguidos de la investigación logren incorporarse y adentrarse al conocimiento científico, también servirá para ocupar espacios o vacíos existentes” (Carrasco, 2009, p. 119).

De los autores y la propuesta del informe de investigación, el estudio se justifica teóricamente porque se basó en el aporte de los conocimientos previos, empleando teorías y conceptos de las variables y sus respectivas dimensiones. De igual modo, con el trabajo en estudio se buscó obtener soluciones de las

circunstancias que impactan a la empresa a través de una mejora y posterior a ello, se hizo una contrastación con los resultados obtenidos en investigaciones anteriores y actuales.

“La justificación práctica es considerada en el estudio cuando su desarrollo coadyuva a resolver problemas y plantea estrategias que al aplicarlo contribuiría a resolverlos (Bernal, 2010, p. 106). También, “la investigación servirá para resolver problemas prácticos en materia de estudio” (Carrasco, 2009, p. 119).

De los autores y la propuesta del informe de investigación, se justifica de forma práctica, porque existe la necesidad de proporcionar una mejora en el problema de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado a través de una serie de procedimientos que involucra llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo para conseguir mejores resultados de los indicadores y maximizar la vida útil de cada equipo en beneficio de la organización.

Rios (2017), expresó: “La justificación económica muestra beneficios económicos con respecto al resultado a estudiar” (p.54). Por otra parte, (Carrasco, 2009), mencionó que el propósito de la justificación económica es “proporcionar suficiente información de los costos y los beneficios del proyecto con el fin de mostrar la rentabilidad económica”.

De los autores y la propuesta del informe de investigación, se justifica económicamente, porque se pretende disminuir los costes de mantenimiento correctivo ya que, al elaborar y cumplir el plan de mantenimiento, se reduciría notablemente las paradas correctivas, las paradas productivas y se evitarán los daños de los componentes en el futuro.

Hernandez, Fernandez y Baptista (2014) definieron: “La justificación social está orientada a responder los siguientes interrogantes: ¿cuál es la importancia de la investigación a la sociedad?, ¿Quiénes serán beneficiados con los resultados de la investigación y ¿de qué forma?”. De igual forma, Carrasco mencionó que “los resultados de la investigación posibilitarán la elaboración y el diseño de técnicas, equipos e instrumentos para producir bienes científicos, económicos para el desarrollo de los procesos en general” (2009, p.119).

De los autores y la propuesta del informe de investigación, se justifica socialmente, porque se buscó motivar el trabajo en equipo, la competitividad y mejorar el desempeño en la empresa, permitiendo que esto se acople a los requerimientos del mercado cada vez más exigentes, por lo que se necesita una actuación inmediata para adelantarse a las fallas que se presenten de forma temprana.

Una vez justificado el informe de investigación, se formula el objetivo general que consiste en determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, en una empresa metalúrgica, Lima-Perú, 2020. Así también, los objetivos específicos fueron:

OE1: Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

OE2: Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

En referencia al objetivo general y los objetivos específicos planteados, se proponen las siguientes hipótesis:

Hi. El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Ho. El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Asimismo, se formularon las hipótesis específicas:

HE1: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

HE2: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

En el segundo capítulo, se abordará una síntesis de los trabajos previos a nivel internacional y nacional, llevados a cabo por otros investigadores en relación con el estudio. De igual modo, se proseguirán con las teorías relacionadas al tema en donde se definirán en base de autores a las variables dependiente e independiente con sus respectivas dimensiones para un mejor entendimiento, que serán sustentados con revistas de artículos científicos, tesis, libros, entre otros.

Cruz, Osorio, y Salguero (2019), realizaron una investigación titulada: “Formulación de programa de mantenimiento preventivo de sistema fotovoltaico para empresa de industria textil de El Salvador”, cuyo objetivo se basó en el desarrollo de un manual de mantenimiento preventivo en sistemas fotovoltaicos montados en techo y piso para la planta industrial “El Ángel” que pertenece al sector textil. La metodología que se utilizó tuvo un enfoque cuantitativo y fue de tipo aplicada. Para el recojo de datos se empleó la observación e información de fuentes bibliográficas. Finalmente, se llegó a concluir que al desarrollar un programa de mantenimiento se logra un mayor monitoreo de los equipos, debido a que los mantenimientos correctivos se reducirían respecto a la actualidad. Del mismo modo, con el programa de mantenimiento preventivo se busca minimizar las fallas y obtener un aumento de la producción de energía eléctrica manteniendo una disponibilidad por encima del 90%.

Ypanqué, Chucuya y Paredes (2017), presentaron un artículo titulado: “Mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de una grúa de 50 toneladas”, se tuvo como objetivo que la presente investigación se realizara con el fin de incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la grúa Luguensi EIRL de 50 toneladas. La metodología utilizada fue concluyente, descriptiva - explicativa, con un diseño de investigación experimental en la categoría pre-experimental. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los datos se recolectaron a través de reportes de fallas, matriz de criticidad y cuestionario de mantenimiento donde se identificaron las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de la grúa, sus elementos más críticos y el sistema de gestión actual; Además, se utilizó un registro de datos y dos formatos para el diseño del programa de mantenimiento; Además, se elaboró un formato que muestra la implementación

del programa de mantenimiento preventivo, luego de lo cual se evaluaron los indicadores para verificar si aumentaban. Finalmente, se concluyó que luego de implementar el programa de mantenimiento preventivo, la disponibilidad inicial aumentó en 0.04% y la confiabilidad en 3.26%; alcanzando una disponibilidad del 98,96% y una fiabilidad del 71,19%.

Romero (2017), en su trabajo de investigación titulado: “Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y/o equipos de la empresa metalmecánica AYD Pioneer S.A.C. incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional”, con el objetivo de ordenar, incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional, y así evitar paros innecesarios por fallas y consecuentemente evitar pérdidas. La metodología utilizada fue tipo aplicada. Se concluye que al elaborar un listado del inventario actualizado y ordenado, se identificaron un total de 24 máquinas y / o equipos, todos ellos con sus códigos designados que facilitarán su ubicación, así como su referencia en las órdenes de mantenimiento. cómo permitir un registro histórico de intervenciones y fracasos. Asimismo, los indicadores de mantenimiento inicial obtenidos a través de la evaluación son bajos, obteniendo un promedio de los indicadores de disponibilidad de la máquina del 52,60%, confiabilidad del 59,54%, mantenibilidad del 77,20%, esto debido a la falta de un plan o programa de mantenimiento preventivo.

Cruz (2016) presentó un artículo titulado: "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en mejorar la confiabilidad en la disponibilidad de la máquina y circulando en la empresa textil WG. SAC", orientado a diseñar y proponer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en confiabilidad y disponibilidad. La metodología utilizada fue de diseño no experimental. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los indicadores medios de mantenimiento de las máquinas circulares en la etapa inicial fueron: fiabilidad 13,62% y disponibilidad 82,03% y al momento de aplicar el plan de mantenimiento. mantenimiento preventivo se obtuvo que los indicadores de mantenimiento en estado de mejora fueron 98.5% disponibilidad y confiabilidad 85.5%.

Barahona (2015) en su tesis titulada: “Propuesta para implementar un plan de mantenimiento preventivo de un horno de incineración”, se propuso en determinar los procedimientos necesarios para establecer la manera de cómo se

debe efectuar un plan de mantenimiento conveniente, para alcanzar la disponibilidad y confiabilidad que posibiliten conservar una adecuada función del horno en buenas condiciones. La metodología utilizada en la investigación es de tipo documental y para la recopilación de la información se utilizó las fichas de registro. Finalmente, se llegó a la conclusión de que la implantación del plan preventivo posibilitará encontrar las deficiencias en el funcionamiento del proceso de incineración para optimizar la calidad del proceso productivo. Así mismo, permitirá mantener los equipos bajo las condiciones adecuadas para un buen funcionamiento y se cumplan con las normas de calidad, seguridad y medio ambiente cerciorándose de obtener una disponibilidad y confiabilidad adecuadas.

Torres, Camacho y Perez (2015), realizaron una investigación titulada: “Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento preventivo para las centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Estelí”, el proyecto tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de refrigeración en base al historial de fallas. La metodología de la investigación fue de tipo cuali-cuantitativa. Se concluyó que, al aplicar el plan propuesto, se logren minimizar los costos, se mejore la calidad de servicios, se garantice la confiabilidad en las operaciones y así poder extender la vida útil de los componentes de los equipos centrales y los compresores.

Buelvas y Martinez (2014), en su tesis titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”, tuvo como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos tractocamiones, con el fin de mejorar el desempeño operacional, salvaguardando la seguridad y reducir el impacto ambiental. La metodología aplicada en esta investigación fue de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. La conclusión a la que se llegó en la investigación fue que se crearon formatos de orden de servicio para asegurar la operatividad del plan de mantenimiento preventivo, una lista de chequeos, entre otros, para conseguir un trabajo controlado y sistemático de mes a mes.

Alba y Chinchay (2019) presentaron un trabajo de investigación titulada: “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos-unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz,

2018". Este trabajo tuvo como objetivo determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de la empresa en estudio. La metodología utilizada en esta investigación es de tipo aplicada, tuvo un nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño preexperimental; donde la población y la muestra estuvieron conformada por 20 equipos biomédicos. Para la recolección de datos se usaron la observación directa, las fichas técnicas, la programación de actividades, revisión de los equipos conforme a las órdenes de trabajo y control de registro de mantenimientos respectivo a los años anteriores. Por último, se llegó a la conclusión que el plan de mantenimiento preventivo mejoró la disponibilidad de los equipos alcanzando un 94% de confiabilidad como resultado final. Esto quiere decir, la disponibilidad de los equipos aumentó un 8%, en mejora de la calidad de atención hacia los pacientes en servicios y mayor confianza de los trabajadores en el hospital de la investigación.

En relación con Espinoza (2018) desarrolló un proyecto de investigación titulado: "Aplicación de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la sala de compresores en la empresa Envases de Vidrio S.A.C., 2018", se tuvo como objetivo general determinar en qué medición la aplicación de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de la sala de compresores. La metodología utilizada es de tipo aplicada, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental; con una población y muestra en la sala de compresores de 8 máquinas y utilizando como técnica en la recolección de datos la observación. Finalmente, se concluye que mediante la aplicación del mantenimiento preventivo se mejoró la disponibilidad de los equipos en la sala de compresores en un 21.4%. Por consiguiente, se logró el objetivo de la investigación que fue mejorar la disponibilidad de los equipos en la sala de compresores porque hubo un aumento de un 74.5% inicial a un 95.9% final.

Limache (2018) a través de su investigación "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC en la Unidad Alparmarca", cuyo objetivo principal fue la proposición de procedimientos de mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de la empresa en estudio. La metodología utilizada fue una investigación básica, nivel

descriptivo-explicativo, con diseño descriptivo causal comparativa; donde la población estuvo conformada por 7 equipos trackles de la Minera Volcán-Unidad Alpamarca y la muestra fue 2 equipos trackles. Los datos fueron recogidos por fichas de trabajo, de observación y de registro. Se concluyó que con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo se consiguió el incremento de la disponibilidad de los equipos en un 12.3%.

Castañeda (2017) presentó un trabajo de investigación titulado: “Plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 55000 para mejorar la disponibilidad de las máquinas y equipos de la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C.”, cuyo objetivo general fue elaborar y simular el plan de mantenimiento preventivo a fin de aumentar la disponibilidad de las máquinas y equipos, previniendo en lo realizable las fallas y paradas de éstos durante el proceso de producción. El estudio fue de enfoque cuantitativo y de diseño preexperimental; donde la población estuvo formada por 23 maquinarias y equipos. Las técnicas de recopilación de datos fueron la observación y la entrevista. Finalmente, se concluyó que con los resultados obtenidos se pudieron verificar la eficiencia del plan de mantenimiento, logrando una disponibilidad del 94% y mejorando en un 25% los indicadores del mantenimiento. Así mismo, se realizaron formatos de mantenimiento para una revisión periódica.

De la investigación, se obtendrá un aporte académico en referencia a la información estratégica alcanzada, con ello se propondrá elaborar el plan de mantenimiento preventivo. Este servirá para tener conocimiento de las frecuencias de mantenimiento y así minimizar las fallas y costes de paradas no programadas.

En cuanto a las teorías relacionadas al tema, es aquí donde se definen y analizan los puntos principales que engloban a todo el proyecto de investigación, comprende:

Mantenimiento: Conjunto de métodos o procedimientos lo cual, tienen como objetivo lograr utilizar los bienes productivos de manera óptima, conservándolos en óptimas condiciones para un proceso productivo eficiente con las mínimas cantidades de gastos. De tal forma, se asegura que realizar un buen mantenimiento de los equipos e instalaciones muestre como resultados una mayor disponibilidad y un eficiente funcionamiento controlado de los activos. (Mendez y Fuerte, 2018, p. 8)

Se puede definir al mantenimiento como “una serie de técnicas destinadas a la conservación de las instalaciones y equipos operativos por más tiempo, así mismo; se busca conseguir mayores utilidades e incrementar la disponibilidad de estos”. (García, 2010, p. 1).

Historia del mantenimiento: Desde la aparición de las primeras herramientas en la historia, el hombre prehistórico ha proseguido una evolución técnica junto con las actividades productivas, hasta el punto de haber llegado a tener la necesidad de conservar en buenos estados a sus maquinarias. Las averías y/o fallas en los equipos se daban a causa de que las capacidades de estos eran llevadas hasta el límite de trabajo, hasta el punto de no poder realizar sus funciones, de tal modo que el mantenimiento lo obtenían cuando era imposible utilizarlas. A esto se le conoce como “Mantenimiento ante el fallo”. Este tipo de fallas se siguen dando hasta el día de hoy, pero la frecuencia ya es menos por que el mantenimiento ha ido evolucionado con el paso del tiempo. Esto se puede observar cronológicamente por generaciones y cada una de ellas presenta una metodología característica en particular. A continuación, se presentan las cuatro generaciones de evolución por las que el mantenimiento ha tenido que ir avanzado. (Barrera, 2015).



Figura 3. Evolución del mantenimiento

Primera generación: La primera generación o etapa del mantenimiento se caracterizó por el tipo de mantenimiento correctivo y cubrió el periodo hasta la segunda guerra mundial. En aquellas épocas, el (MTBF) conocido como tiempo medio entre fallas no eran tan importantes porque las industrias no tenían un proceso tan mecanizado. Las maquinarias que existían eran sencillas y muy fáciles de repararlas. El mantenimiento consistía solo en realizar la lubricación y limpieza, de tal manera que no era complejo el procedimiento, tampoco se requería de personal altamente calificado para desarrollarlo. (Barrera, 2015).

Segunda generación: En la segunda generación, durante el lapso de la segunda guerra mundial, la mano de obra en la industria disminuyó considerablemente y a la vez la demanda de los productos se incrementó. Es por ese motivo que, por necesidad de cubrir esa demanda, la mecanización tuvo que aumentarse.

Las industrias tuvieron que adaptarse e incorporarse al nuevo cambio de mecanizarse y a depender de los equipos cada vez más y más, también la complejidad de los equipos aumentó. A partir de esto, se comenzó a pensar en técnicas que sean efectivas para disminuir el tiempo entre fallas, a causa de que

las paradas de los equipos y maquinarias se convertían en más críticas. Al final, se concluyó en que la manera óptima para ese problema de averías era en prevenirlas.

Hasta el año de 1970, el tipo de mantenimiento que se estaba aplicando para las reparaciones, se basaba en realizar paradas programadas totales en cada cierto tiempo. Al incrementarse el control de los equipos, también incremento los costes de mantenimiento. Haciendo frente a esto, las empresas comenzaron a establecer nuevos sistemas de control y programación del mantenimiento preventivo. (Barrera, 2015).

Tercera generación: A mitad de los años 70, se tuvieron que experimentar cambios más importantes dentro de la empresa con respecto al mantenimiento.

Paulatinamente, el proceso de mecanización fue creciendo, hasta demostrar que los ciclos improductivos tienen efectos negativos en los costes, la producción y del servicio al cliente. Igualmente, si los sistemas productivos se van dirigiendo y están más cercanos a la producción JIT (Justo a tiempo), que consiste en tener un inventariado más reducido, puede ocasionar que toda la planta pare sus procesos por una falla pequeña.

También, las nuevas indagaciones se están encargando de cambiar algunas creencias esenciales del mantenimiento. En el caso de la conexión, como ejemplo, precedentemente existía entre la funcionalidad de un equipo que tiene en el tiempo y la probabilidad de que este falle. Hoy en día, después de muchas investigaciones y estudios con referencia al tema, se han podido determinar y demostrar que la relación entre ambas variables no es directa como se tenía la creencia.

Ahora las empresas toman en cuenta algunos aspectos también importantes como es la seguridad industrial y el impacto ambiental. En base a estos determinantes, el mantenimiento ha empezado a tomar actividades cada vez más costosas y complejas de realizar. (Barrera, 2015).

Cuarta generación: En los años 90, el mantenimiento industrial se ha singularizado por sistematizar las actividades, los procedimientos y las estrategias. Los avances tecnológicos como la automatización asistida por un computador del proceso favorecen a lograr un nivel mayor de confiabilidad de las máquinas y los equipos.

El proceso sistematizado se ha encargado de definir y ordenar por etapas al mantenimiento como es: la recolección de datos, el diagnóstico, los conceptos de las estrategias, la planificación, la programación, el control y por último la optimización. En cada etapa se han creado distintas herramientas informáticas con diferente forma de aplicación que facilitan y posibilitan la automatización sistematizada por un ordenador de todos los procesos.

Es por eso por lo que, en la actualidad, la ingeniería encargada del mantenimiento se va a encargar de la profundización e investigación de obtener herramientas y métodos cada vez mejores para la automatización por ordenador mencionada anteriormente y conseguir de esta manera que su implementación sea más accesible en distintos rubros de las empresas. (Barrera, 2015).

Objetivos del mantenimiento: El objetivo principal de todo mantenimiento no se trata solo de reparar con urgencias las fallas que se presenten. El área de mantenimiento de toda empresa industrial tiene estos objetivos en el que deben enmarcarse en el trabajo.

- Llegar a cumplir un valor específico de disponibilidad en los equipos
- Llegar a cumplir un valor específico fiabilidad en los equipos
- Garantizar una vida útil larga de las instalaciones de la empresa en su conjunto.

Conseguir el cumplimiento de los objetivos anteriores con un presupuesto normalmente óptimo. (Renovetec, 2013).

Existen distintos **tipos de mantenimiento** los cuales son:

Mantenimiento preventivo: El mantenimiento preventivo se encarga de conservar en estado de buen funcionamiento a los equipos por medio de planes supervisados a desarrollarse en puntos determinados. A este tipo de mantenimiento es conocido como mantenimiento proactivo, planificado o basado en el tiempo, ya que se suele trabajar con información de los fabricantes o con datos estadísticos acerca de las averías comúnmente efectuadas en los equipos, por eso también se le llama “planificado” que vendría a ser el significado como pieza clave del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en generar planes en conjunto que se deben llevar a cabo en una fecha programada, con recursos humanos disponibles, materiales, los repuestos y las herramientas adecuadas para la reparación. Este mantenimiento va a evitar las detenciones de los equipos no programados, que se producen ya que el personal a cargo esta con la costumbre de hacer trabajar a los equipos y, maquinas por lapsos de tiempo sin encargarse de realizar un mantenimiento porque ellos tienen la velocidad adecuada para reaccionar a ese acontecimiento de falla bajo presión.

Sin embargo, se tienen que evitar trabajos así precipitadamente a causa de que algunas de las zonas donde se labora tienen un alto nivel de peligrosidad. Por ello se pueden seguir las medidas preventivas mostradas a continuación:

Tareas de mantenimiento: Son los trabajos que se efectúan para eludir las averías, entre las actividades se tiene a las inspecciones visuales, la limpieza, la lubricación y algunos ajustes.

Mejoras y cambios en las instalaciones: Las fallas no programadas se pueden aminorar si se superponen algunas mejoras, como es el cambio en el diseño de pieza e instalaciones, en materiales, en la instalación de métodos de detección.

Cambios en los procesos de trabajo: Si bien es cierto, los operarios son los que laboran a diario con los equipos y perpetuamente se puede hacer algo para que las fallas se puedan evitar, si se realiza un cambio en la forma en que el trabajador opera a las maquinas sería un aporte en el proceso de mucha utilidad. Lo que se necesitaría para ello sería una inversión en las capacitaciones en apoyo

de los supervisores (medida con menos costes), para rehuir que los operarios se opongan al nuevo cambio que se desea implementar y desarrollar.

Cambios en los procesos de conservación: El hecho de que sucedan algunas fallas también pueden ocurrir porque el operario encargado de realizar el mantenimiento no desarrolla de manera adecuada su trabajo, pero esto tiene solución al crear procedimientos de trabajo por escrito que incluya información relevante de tolerancias, cambios, ajustes. (Chang, 2008).

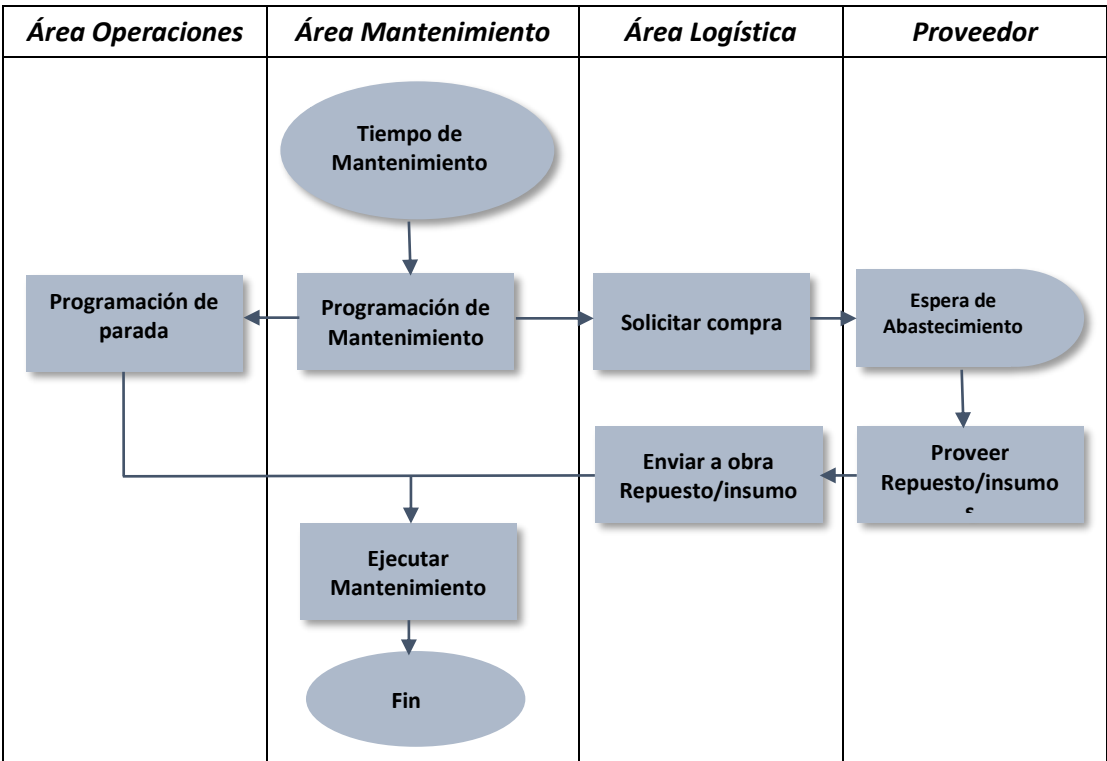


Figura 4. Flujograma del mantenimiento preventivo.

Mantenimiento correctivo: Como plantea Gonzales (2005), el mantenimiento correctivo se va a encargar de corregir las problemáticas que se van mostrando en las maquinas a medida que los clientes los van haciéndolo saber, en otras palabras, en aquí es donde se esperan a que las averías o fallas ocurran para que los trabajadores a cargo del mantenimiento tomen acción. Entonces este mantenimiento es significativo ya que no se consideraría en tener un método de gestión del mantenimiento si no se cuenta con un procedimiento efectivo de mantenimiento correctivo. Siempre existirá este tipo de mantenimiento, porque

siempre existirán fallas y averías de forma no prevista, todo modelo que se encuentre con el 100% de orientación de evitar fallas poseerá muchas problemáticas cuando los desperfectos surjan y no les sea posible solucionar de la forma más rápida.

Una gran parte de las empresas emplean el mantenimiento correctivo por más tiempo que llevando a cabo el mantenimiento predictivo o preventivo. Es así como en algunas industrias se puede ver que solo existe este tipo de mantenimiento reactivo que realizan.

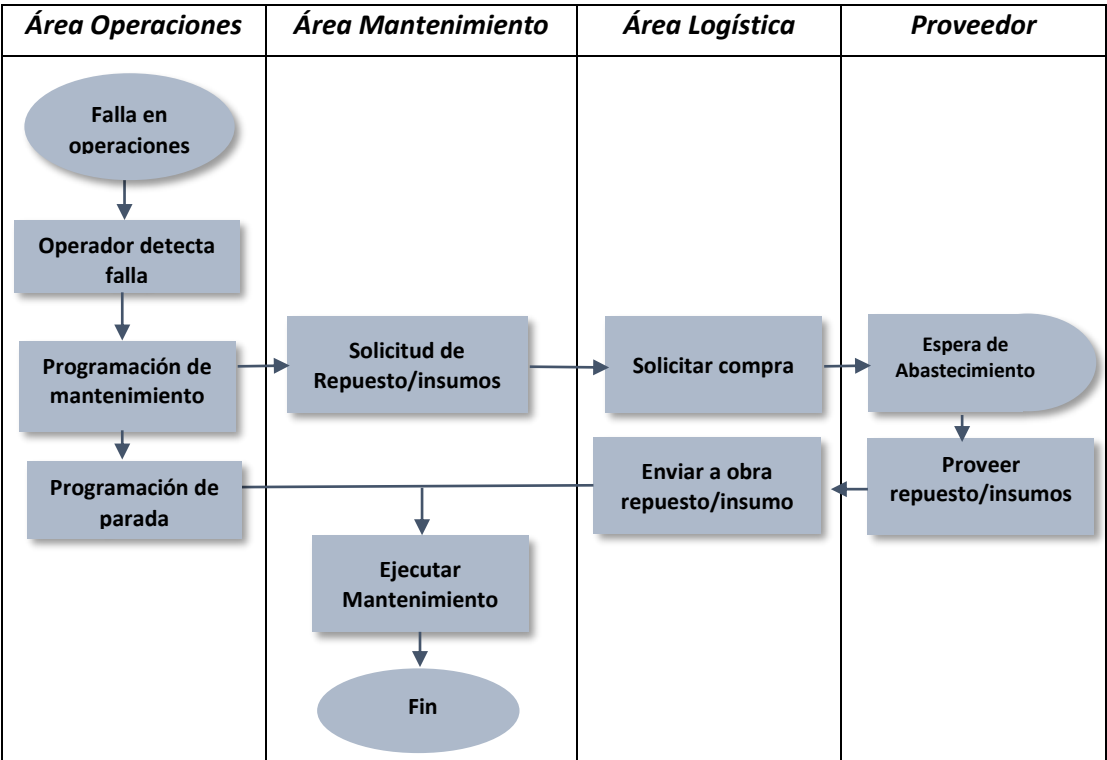


Figura 5. Flujoograma del mantenimiento correctivo.

Mantenimiento predictivo: El mantenimiento predictivo se ejecuta después de que exista un seguimiento de las variables más importantes y críticas de algunos equipos. Estas variantes se miden con intervalos definidos de tiempo con el fin de que se pueda pronosticar algunas fallas de funcionamiento de los equipos y se puedan realizar el proceso de mantenimiento adelantándose a que estas fallas no programadas puedan ocurrir. Las más comunes y conocidas son: La presión, la

temperatura, el nivel de partículas vigentes en los aceites usados, las vibraciones, los ruidos, la viscosidad, también se realizan ensayos no destructivos usando el ultrasonido o algunos compuestos como el tinte penetrante. Este mantenimiento ayuda en el ahorro energético de los equipos, minimiza la cantidad de carga laboral, incrementa la productividad, aumenta la eficiencia y la facilidad de los procesos. (Chang, 2008, p. 11).

Mantenimiento productivo total: El mantenimiento productivo total (TPM), es una perspectiva japonesa que ambiciona aumentar la eficiencia y la productividad de los equipos de toda empresa. Es un modelo que se enfoca en el trabajo en grupo, la mejora continua, la proactividad, para las tareas repetitivas y sencillas con la finalidad de mejorar esa competitividad. Este modelo tiene beneficios encargados de reducir los costes de mantenimiento, aumento del tiempo disponible, de la vida útil y el estímulo de los trabajadores. El mantenimiento productivo total mejora la calidad de los productos porque las maquinas se encuentran en perfectas condiciones, así evitando los productos defectuosos y los tiempos muertos. (Chang, 2008).

Sin embargo, el concepto del TPM puede tener fallas si es que no se toman en cuenta las consideraciones de forma adecuada sobre el dinamismo de este mismo. Posee algunos pilares que se corresponde entre sí para su correcto funcionamiento como:

- Mantenimiento para la previsión de averías.
- Prevención del mantenimiento.
- Mantenimiento autónomo.
- Entrenamiento de los trabajadores.
- Eliminación de los desperdicios (6 pérdidas).

Pasos para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo: Para comenzar a desarrollar un plan de mantenimiento preventivo se deben considerar lo siguiente:

- a) En este paso principal, se va a fundamentar en juntar una fuerza laboral que empiece y efectúe el plan de mantenimiento preventivo. Se asigna a un trabajador como el jefe de ese grupo, asimismo es de importancia contar con

el apoyo y el compromiso de la directiva para que el plan se pueda cumplir exitosamente.

Una vez que se dé por anunciado el plan y contar con una organización formada necesariamente, la fuerza o grupo de trabajo deberá empezar con las actividades de la conformación del plan.

- b) En el segundo paso, se hace una hoja de registro del inventario de todos los equipos vigentes en las operaciones como son las máquinas, piezas, repuestos, infraestructura, también se deberán hacer una descripción de las instalaciones, la ubicación, el tipo y su importancia. Se codifica todo lo mencionado para identificar más fácilmente y ayude en los procesos de identificación de las ubicaciones. Los códigos asignados deben contener la ubicación, el tipo y el número de maquinaria.
- c) En tercer lugar, se realizan las ordenes de trabajo, este es un escrito en donde se describe los procesos a realizar para cada tarea de conservación. Tiene la intención de mostrar cada detalle de las tareas de todo plan de mantenimiento preventivo. En las especificaciones de la labor tiene que señalar detalles como el número, la ubicación del equipo, los técnicos necesarios para dicha intervención, que componentes son los que se reemplazaran, las herramientas adecuadas, equipos y procesos seguros de trabajo que se deben seguir.
- d) En el cuarto paso está el plan de mantenimiento, que corresponde a ser un listado de todas las tareas y tiempos específicos necesarios para las actividades de mantenimiento a desarrollar. Al ejecutarse se debe realizar con orden y cuidado para balancear los trabajos y lograr los requerimientos productivos.

Se debe considerar como punto importante que constituir el plan de mantenimiento lleva tiempo y se debe esperar con paciencia los resultados ya que no son inmediatos, pero a la larga se observará paulatinamente el progreso del plan y los beneficios logrados. (Ramos, 2017).

Diagrama de Ishikawa: De acuerdo con Cruz y Gonzales como se citó en Rojas (2019), refirieron que una buena elaboración del diagrama de Ishikawa contribuirá en la comprensión visual de las causas encontradas de los problemas, es una herramienta asequible que también tiene el nombre de diagrama del árbol, causa-efecto, o el diagrama de la espina de pescado. Es una gráfica que en el centro de este tiene una línea que representa el problema primordial, es de allí de donde se dependen líneas que son agrupadas para algunas posibles causas en conjunto: maquinaria, mano de obra, método, medición, material y medio ambiente, sin embargo, estas categorías no son obligadas, pero si es recomendable es uso de cualesquiera de ellas que sean apropiadas para cada investigación.

Para alcanzar un mejor rendimiento en la búsqueda de las causas probables, se tiene que ejecutar sesiones de creatividad o una tormenta de ideas. Este diagrama puede parecer sencillo, pero se debe realizar un buen diagnóstico y correcta aplicación para que se obtengan resultados, por ello tiene las ventajas de:

- Proveer una metodología razonable para resolver problemas.
- Sistematiza las causas posibles del problema.

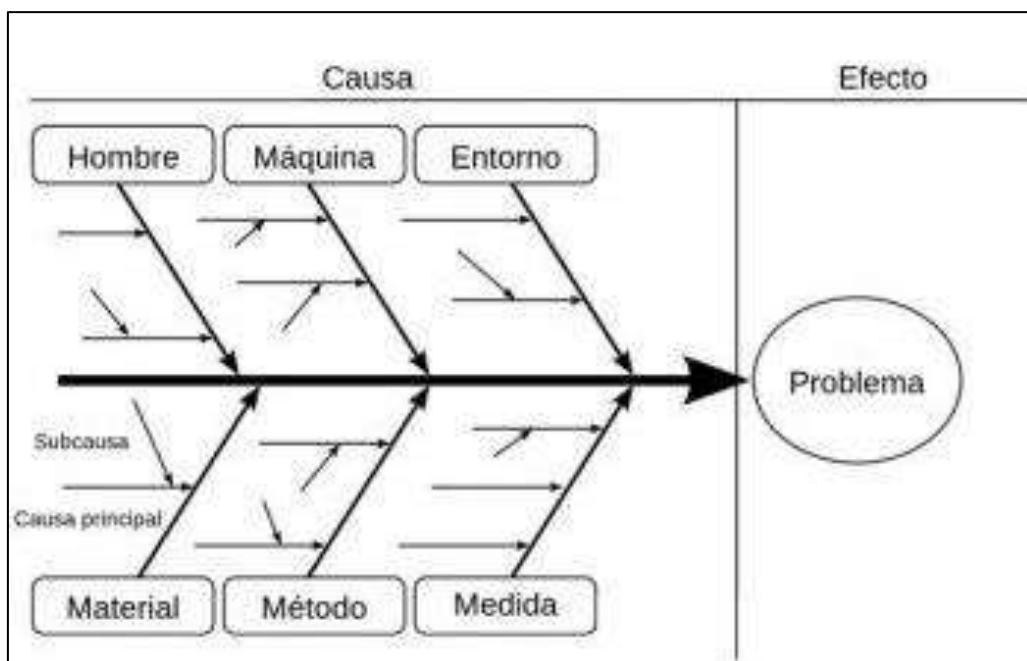


Figura 6. Estructura del diagrama de Ishikawa

Diagrama de Pareto: Citando a Cruz y Gonzales como se citó en Rojas (2019), definieron al diagrama de Pareto como una herramienta grafica que va a permitir reconocer las problemáticas más significativas en base a sus ocurrencias frecuentes, tiempo, costes y admite priorizar las tareas de intervención.

En síntesis, las frecuencias de ocurrencias se fundamentan en la regla del 80/20 o principio de Pareto, esto señala que el 80% de las problemáticas son producidas por el 20% de las causas. El diagrama de Pareto te ayuda en distinguir los errores más críticos, que muy a menudo son pocos, de esos muchos no críticos. Este posee la siguiente ventaja si se le realiza un buen diagnóstico y se le utiliza adecuadamente:

- Proporciona en la obtención de resultados de mejoras implementadas, al realizar una comparación entre dos diagramas en diferentes momentos.

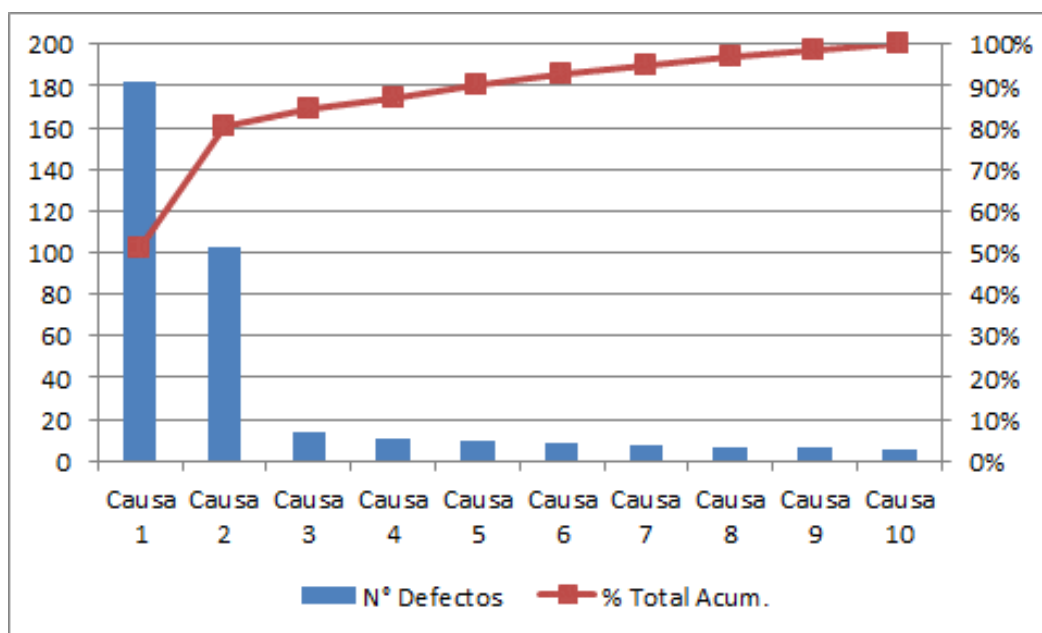


Figura 7. Estructura del diagrama de Pareto

Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Un plan de mantenimiento es una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas

acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación. (Garcia, 2012, p. 79).

Empleando las palabras de Espinoza (2018), refirió con respecto al plan de mantenimiento como, un conjunto de tareas previamente planeadas y programadas en función al tiempo para hacer frente a las posibles fallas potenciales. Para poder emplearlo se debe analizar y saber el estado de los equipos basado en el historial de fallas registradas.

Según Pesantez como se citó en (Rosales, 2017, p. 14), sostuvo que un plan de mantenimiento preventivo es la programación de una serie de tareas y procesos de conservación anual planificado y organizado, [...] se detallan los tipos de trabajo y fechas que se deben cumplir en las instalaciones, maquinarias, equipos y edificaciones de la empresa.

Dimensiones: Planificación

La planificación de acuerdo con García definió que “es un conjunto de actividades iniciales y esfuerzos anticipados que surgen para establecer la dirección de acción a seguir a fin de lograr los objetivos señalados” (2012, p.69).

“La planificación se fundamenta en fijar un trayecto definido de acción que se han de seguir, se establecen principios al cual se deberán orientarlo, una serie de procedimientos que han de realizarse y ser determinado en el tiempo con los recursos necesario para que se lleve a cabo” (Dounce, 2014, p. 200).

Dimensiones: Programación

La programación de acuerdo con García definió que “es la determinación que se antepone del momento y el lugar en que se deben comenzar y culminar con las actividades necesarias, para la elaboración de algún producto o la prestación de servicios” (2012, p. 71).

Sistemas conformados de actividades para cambiar las maquinas defectuosas a maquinas disponibles, con la finalidad de ubicar y corregir problemas leves antes de que estos ocasionen fallas. Se basa en un registro de actividades realizados por los operadores que aseguran el buen funcionamiento de los equipos. (Rosales, 2017).

Se denomina programa de mantenimiento al proceso que relaciona las codificaciones de los equipos con la frecuencia, cronogramas de ejecución de las tareas programadas, reglamentos del mantenimiento, centros de costo, datos de medición, códigos de material necesario para la ejecución preventiva en los equipos industriales. (2000, Tavares, p. 37).

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

“La disponibilidad es el tiempo en el que un equipo se encuentra operativo en un periodo establecido, se tiene que identificar y establecer los indicadores de: mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad total para determinarlo” (Alavera et al.,2016,p.13)

Mclever McHoes (2011), expresó que el término disponibilidad de equipos, da a entender que un activo esté disponible y operativo cuando se le necesite. En otras palabras, puede significar para algunos usuarios como la probabilidad de que los recursos se encuentren disponibles en el momento de que el sistema lo requiera. (p. 180).

De acuerdo con Mora (2009), refirió que el equipo se encuentra disponible cuando “su funcionamiento es satisfactorio después de iniciado su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (p.67).

Dimensiones: Mantenibilidad

La mantenibilidad “es la particularidad propia de un elemento, relacionado a su capacidad de ser restablecido al momento de realizar el mantenimiento indispensable según se precisa” (Knezevic, 2015, p.47).

La mantenibilidad se designa como la probabilidad de que un dispositivo, maquinaria u otro elemento puedan nuevamente retornar a su estado de normal funcionamiento luego del suceso de una interrupción de la producción, falla o avería por medio de una reparación de un conjunto de tareas de conservación, para suprimir las causas que interrumpen el proceso. (Mora, 2009, p.104).

“La mantenibilidad es la posibilidad que el equipo en condición de falla sea recuperado a sus condiciones normales de funcionamiento en un lapso después de

la aparición de la falla, siempre bajo órdenes establecidas de mantenimiento” (Rodríguez, 2008, p. 36)

Dimensiones: Confiabilidad

“La confiabilidad se puede explicar cómo la seguridad de que un equipo o componente realice su función en un determinado periodo establecido de acuerdo a condiciones estándares de uso definidas” (Gasca, Camargo y Medina, 2017, p.112).

Mora definió a la confiabilidad como la probabilidad de que los equipos cumplan satisfactoriamente sus funciones en condiciones usuales de operatividad, ambientales y del entorno, para lo que fueron diseñados en un tiempo específico. (2009, p. 95).

Según Zapata (2010, p.3), mencionó que es “la probabilidad de que un sistema o componente cumpla su funcionalidad en un tiempo determinando, estando en condiciones de actividad específicas”.

.

III. METODOLOGÍA

En el tercer capítulo, se dará a conocer el tipo y el diseño de investigación correspondientes a lo que se desea estudiar, se determinarán las variables con sus correspondientes dimensiones e indicadores analizadas bajo técnicas e instrumentos de recolección de datos con la validez y confiabilidad aprobado por expertos, de igual forma, se describirá el procedimiento y los métodos de análisis a seguir para realizar la investigación y finalmente los aspectos éticos.

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Para Ñaupas, Mejia, Novoa, y Villagómez (2014), definieron que “la investigación aplicada está orientada a resolver problemas, con base de la investigación pura” (p.93). “El objetivo de la investigación aplicada es generar conocimientos en mediano plazo y con aplicación directa. Esto presenta un valor agregado gracias a la utilización de conocimientos provenientes de la investigación pura” (Espinoza, 2014, p.35).

Por su finalidad, el tipo de la presente investigación es aplicada, ya que al proponer un plan de mantenimiento preventivo se logra el resultado de conseguir equipos de aire acondicionado con mayor disponibilidad. Es decir, se logrará resolver los problemas que causaban la baja disponibilidad de los equipos con un plan del mantenimiento preventivo.

Nivel de investigación

Hernández et al., (2014, p.92), mencionaron que la investigación descriptiva [...] busca precisar las propiedades, particularidades y los perfiles de los grupos, personas, procesos u otros fenómenos que serán sometidos a un análisis, [...] se procura medir o recolectar información independiente o conjuntamente acerca de las variables o conceptos referidos. También, “es el hecho de representar a las personas, animales, cosas en donde se describen los aspectos más representativos de las personas, cosas o situaciones para profundizar los conocimientos en base al problema” (Fresno, 2019, p.86)

Por su nivel, el presente informe de investigación es descriptiva ya que se encargará de describir el problema con sus respectivas causas principales de la población, en este caso de los equipos de aire acondicionado en la empresa, los cuales van a ser estudiados desde ese punto de vista.

Ríos (2017), mencionó que el nivel explicativo o “también conocido como nivel de causalidad, da a entender la causa de un comportamiento desde la relación entre las variables” (p.81). También, (Ñaupas et al., 2018, p.112), señaló que el nivel de investigación explicativo “está orientado a la rigurosa verificación y comprobación de las hipótesis causales. Se encarga de buscar vínculos entre las variables causales y las variables efecto para que sus resultados obtenidos se manifiesten en hechos probatorios”.

Por lo tanto, la investigación es de nivel descriptiva-explicativa, ya que se describirá la propuesta del plan de mantenimiento preventivo y se determinará las causas principales que ocasionan la baja disponibilidad y a su vez se explicarán los efectos en los equipos.

Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental se da cuando “el investigador tiene el dominio de la variable estímulo (variable independiente), la cual puede realizar variaciones de forma apropiada con relación a sus objetivos” (Neill y Cortez, 2018, p.72). De acuerdo con Bernal (2010, p.146) indicó: “Los diseños preexperimentales muestran un mínimo control de variables y las asignaciones de los sujetos de la investigación son no aleatorias, no hay un grupo control”. Por otro lado, Espinoza (2010), describió que se van a evaluar los efectos del tratamiento haciendo una comparación con la medición anterior de acuerdo con el diseño:



X: Tratamiento administrado al grupo experimental.

01: Observación de la variable dependiente anterior del tratamiento.

02: Observación de la variable dependiente posterior del tratamiento.

De acuerdo con su diseño, la presente investigación es de diseño experimental de tipo preexperimental; porque será evaluado con un Pretest y Post test con la finalidad de analizar el resultado posterior de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

Enfoque de la investigación

“El enfoque de investigación cuantitativo emplea de la recopilación de información para comprobar hipótesis, con fundamento en el análisis estadístico y la medida numérica, para instaurar modelos de conductas y probar teorías” (Hernández et al., 2014, p. 4).

Por su naturaleza o enfoque, el informe de investigación es cuantitativa ya que las variables pueden ser documentadas y medidas, es decir, el análisis de estudio se basará en aspectos susceptible u observables de medición usando pruebas estadísticas.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual

El plan de mantenimiento preventivo es definido como: Una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación. (García, 2012, p. 79).

Definición operacional

El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas planificadas donde se realiza un análisis detallado de los equipos, para obtener una serie de información sobre cada uno ellos, luego se programa estableciendo principios secuenciales con el tiempo y número de recursos necesarios para la ejecución de un buen mantenimiento.

Dimensiones de la variable independiente

Planificación: La planificación de acuerdo con García definió que “es un conjunto de actividades iniciales y esfuerzos anticipados que surgen para establecer la dirección de acción a seguir a fin de lograr los objetivos señalados” (2012, p.69).

$$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$$

En donde:

IEM: Índice de equipos con plan de mantenimiento preventivo

MPM: N° de equipos con plan de mantenimiento

MP: Total de equipos

Programación: La programación de acuerdo con García definió que “es la determinación que se antepone del momento y el lugar en que se deben comenzar y culminar con las actividades necesarias, para la elaboración de los productos o la prestación de servicios” (2012, p. 71).

$$IMP = \frac{MPR}{MPP} * 100\%$$

En donde:

IMP: Índice de mantenimiento programado

MPR: N° de mantenimiento preventivo realizado

MPP: N° Mantenimiento preventivo programado

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

Definición conceptual

De acuerdo con Mora (2009), refirió que el equipo se encuentra disponible cuando “su funcionamiento es satisfactorio después del inicio de su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (p. 67).

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TPMR}$$

DISP: Disponibilidad

TMEF: Tiempo medio entre fallas

TPMR: Tiempo medio para reparar

Definición operacional

La disponibilidad es la capacidad de que un equipo se encuentre operativo, se da en disposición, en cuanto a la mantenibilidad y la confiabilidad. Ambos términos forman parte de la cotidianeidad del mantenimiento.

Dimensiones de la variable dependiente

Confiabilidad: Mora definió a la confiabilidad como la probabilidad de que los equipos cumplan satisfactoriamente sus funciones en condiciones normales de operatividad, del entorno y ambientales, para lo que fueron diseñados en un tiempo específico. (2009, p. 95).

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TMEF: Tiempo promedio entre fallas

HROP: Horas de operación

NTFALLAS: N° de fallas detectadas

Mantenibilidad: La mantenibilidad se designa como la probabilidad de que un dispositivo, maquinaria u otro elemento puedan nuevamente retornar a su estado de normal funcionamiento luego del suceso de una interrupción de la producción, falla o avería por medio de una reparación de un conjunto de tareas de conservación, para suprimir las causas que interrumpen el proceso. (Mora, 2009, p.104).

$$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TPMR: Tiempo de reparación

TTF: Tiempo total de fallas

NTFALLAS: N° total de fallas detectadas

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

“Es el conjunto de individuos o elementos que poseen algunas características en común sobre el cual se desea inferir” Supo, 2012, p. 16). Otra definición de acuerdo con Ríos (2017), la población es “la totalidad o el conjunto de un grupo de casos, objetos o elementos al que se le quiere estudiar” (p.89).

En esta investigación, la población en estudio estará conformado por 18 equipos de aire acondicionado pertenecientes al área de Electrólisis.

Muestra

Fresno sostuvo que la muestra “la parte representativa de la población seleccionada, de los que se obtiene información del objeto a estudiar, de ello se realizaron las observaciones y mediciones de las variables” (2019, p.104).

Así mismo, la muestra se categoriza en dos ramas: La muestra probabilística que es una parte proporcional de la población y que todos los elementos o miembros tienen las mismas posibilidades de salir elegidos, [...]. A diferencia de la

muestra no probabilística que sus miembros o elementos son seleccionados de acuerdo con las características de la investigación [...]. Por tanto, para los diseños de investigación correlacionales-causales las muestras probabilísticas son esenciales. (Hernandez et al., 2014, p. 177).

La muestra de la investigación estará conformada por 9 equipos de aire acondicionado críticos seleccionados a través del análisis de criticidad del área de Electrolisis al tener un número mayor de equipos.

Muestreo

El muestreo es definido como “el método que se utiliza para seleccionar a los elementos de la muestra del total de la población” (López, 2004, p.64). También se refiere a la” técnica que sirve para seleccionar los elementos o unidades que forman parte de la muestra” (Rios, 2017, p. 89).

En el presente trabajo, se usará el muestreo no probabilístico por conveniencia porque el investigador es el quien selecciona la muestra accesible y que sea representativa en referencia a la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

De acuerdo con Urbano y Yuni, “La dimensión de las técnicas de recolección de datos es pieza fundamental en el desarrollo del procedimiento metodológico en las ciencias empíricas. Esta dimensión pretende resolver cuestiones sujetas a los procesos de obtención de información y valoración de las fuentes apropiadas para llegar a ser información basada en datos científicos. (2014, p. 28)

En todo caso, son actividades que se aplican con la finalidad de obtener la información requerida para el logro efectivo de los objetivos de una investigación determinada en un cierto número de la población. Las técnicas pueden ser: cualitativas o cuantitativas (Fresno, 2019, p.112).

Observación

Fresno (2019, p.114), definió a la observación como una técnica objetiva de recolección de información que actúa de forma independiente de la veracidad y capacidad de las personas en estudio para mantener una calidad investigativa; por otra parte, en cuanto al observador, este debe ser muy cuidadoso con la observación, se deben evitar las distorsiones de estos para que obtenga una validez científica.

“La observación va cobrando mayor credibilidad por el mismo hecho de adquirir información confiable, siempre y cuando se realice con un procedimiento muy controlado y sistemático” (Bernal, 2010, p.194).

La técnica que se utilizará en el informe de investigación es la observación ya que permitirá obtener información confiable para su posterior análisis.

Análisis documental

Carrasco (2009), mencionó que el análisis documental “es una técnica que debe adquirir información procesada de hechos, acontecimientos pasados que contiene información valiosa para la investigación” (p.275).

“Se basa en información obtenida en fichas bibliográficas con el objetivo de examinar el material impreso” (Bernal, 2010, p.194)

La segunda técnica que se utilizará en el informe de investigación es el análisis documental, que consistirá en la revisión del historial de los equipos de aire acondicionado.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos “son los medios físicos que se aplican en la recogida y almacenamiento de la información” (Huidobro, 2017, p.51)

Urbano y Yuni (2014, p.133), plantearon que los instrumentos “son aparatos que permiten observar y medir al investigador los fenómenos empíricos para alcanzar conocimientos de la realidad”.

Los Instrumentos que se precisarán en la investigación serán elaborados de acuerdo con las necesidades de la investigación en base a los indicadores y variables, se muestran en el anexo N° 3 a detalle:

Tabla 1.

Técnicas e instrumentos de recolección de información.

Técnicas	Instrumento
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos
Análisis documental	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de registro • Ficha técnica

Fuente: Elaboración propia.

Validez

La validez generalmente, como mencionaron Hernández et al., (2014), “es el grado en el que un instrumento se encarga de medir a la variable que quiere medir” (p.200).

Aera, Apa y Ncme (2014), refirieron que en el proceso de validación “implica la acumulación de evidencias relevantes para dar sustento científico a la interpretación de puntajes que se quiere hacer” (p.10).

Para la validación de los instrumentos de medición se realizará por medio del juicio de expertos que cuenten con grado académico de la Escuela profesional de Ingeniería Industrial, en este caso se validó por 5 docentes expertos de la universidad Cesar Vallejo ubicado en el anexo N° 4 a mayor detalle.

Tabla 2.

Validez del instrumento a Juicio de expertos-Universidad Cesar Vallejo.

Experto	Grado de instrucción	Aplicabilidad
Ing. Javier Francisco, Panta Salazar	Doctor	Aplicable
Ing. Romel Darío, Bazán Robles	Magister	Aplicable
Ing. Roberto, Farfán Martínez	Magister	Aplicable
Ing. Aldo, Acosta Linares	Magister	Aplicable
Ing. Roberto Carlos, Conde Rosas	Magister	Aplicable

Fuente: Elaboración propia.

Confiabilidad

La confiabilidad es “un instrumento en el que el grado de su aplicación reincidente en el mismo objeto o individuo origina resultados iguales” (Hernández et al., 2014, p. 200).

Los instrumentos de la investigación se encuentran en un rango de 0.72 a 0.99, esto indica que el instrumento tiene una excelente confiabilidad, siendo estas las fichas de recolección de datos aplicados a los equipos de aire acondicionado.

3.5. Procedimientos

El procedimiento de recolección de datos se efectuará considerando los siguiente:

En primer lugar, se solicitó el permiso necesario al encargado del área de mantenimiento para la realización de la investigación y la toma de datos de la empresa; luego de conseguir la firma del representante, se realizó reuniones con el personal de mantenimiento para realizar un diagnóstico general y conocer la situación actual de la empresa; en el anexo N° 5 se puede mostrar a más detalle acerca de las generalidades de la empresa.

En segundo lugar, gracias a las técnicas necesarias: El diagrama de Ishikawa (Causa-efecto) y el diagrama de Pareto, los 5 porqué, se describirán e identificarán las causas raíz y los efectos principales del problema y tener una mejor visualización.

En tercer lugar, se seleccionaron las técnicas de la observación, el análisis documental y se desarrollaron los instrumentos de las fichas de recolección de datos para recoger información numérica de las fichas de registro semanalmente (cada sábado por 12 semanas) de los indicadores de la variable dependiente.

En cuarto lugar, se realiza una serie de coordinaciones y actividades para el tratamiento de la variable independiente, se analizaron a los equipos más críticos para conocer su significancia en la causa raíz, se planeó y programaron cada una de las actividades y recursos correspondientes al plan de mantenimiento preventivo; esta información se muestra en el anexo N° 7 a más detalle.

Finalmente, una vez aplicado el plan de mantenimiento preventivo, se busca demostrar la mejora en las 12 semanas siguientes; por ende, se realiza una nueva medición de los indicadores y se obtendrá un resultado final (anexo 10) con el que se procederá en un programa estadístico para comprobar las hipótesis y los objetivos de la investigación.

3.6. Método de análisis de datos

Hernandez y Mendoza, (2018) analizaron los datos cuantitativos y mencionaron que se debe tener en cuenta dos cuestiones: “Los modelos estadísticos son conceptualizaciones de la realidad y que los resultados numéricos siempre se deben interpretar de acuerdo con el contexto” (p. 310).

“Para el análisis de datos cuantitativos, se ejecuta teniendo en consideración los niveles de medida de las variables a través de la estadística. Este se divide en estadística descriptiva e inferencial” (Hernández et al., 2014, p.271).

El análisis descriptivo o deductivo es el que “se encarga de formular recomendaciones sobre como sintetizar la información obtenida en tablas, cuadros, figuras o gráficas” (Rendon, Villasis, y Miranda, 2016, p. 398) y para Borrego se

trata de “una ordenación, recuento o clasificación de los datos obtenidos mediante las observaciones” (2008, pág. 2)

El análisis inferencial o inductivo estudia y analiza los datos aportados más allá de los resultados y poder llegar a las conclusiones, se vale de cálculos probabilísticos. Depende de los datos de análisis descriptivo, debido a que su estudio es más amplio (Gutiérrez, 2018).

Es conveniente resaltar que toda la información final obtenida, será procesada utilizando la hoja de cálculo del programa desarrollado por Microsoft Corp. Excel 2016 como análisis descriptivo para sintetizar y estructurar los datos, también se utilizará el programa estadístico SPSS para la respuesta de los objetivos y las hipótesis como análisis inferencial.

3.7. Aspectos éticos

En el presente estudio que lleva por título “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020”, se cumplen las siguientes consideraciones:

Académico: La información que presenta este trabajo de investigación fue realizada con fines académicos para la obtención de conocimientos.

Objetividad: El contenido de los datos de este trabajo de investigación son estudiados con principios técnicos e imparciales.

Confiabilidad: Toda la información que fue proporcionada por la empresa será manipulada de manera correcta asimismo se respetará la política de confiabilidad de la organización.

Veracidad: La información y los resultados que se obtendrán para la investigación serán reales, es decir, que fueron proporcionados por la empresa, por tanto, toda la información será veraz y estas serán tomadas en el momento del proceso.

Originalidad: De acuerdo con la normativa que cumple Facultad de Ingeniería Industrial, este presente trabajo citará las diversas fuentes de bibliografía con el objetivo de eludir plagio.

IV. RESULTADOS

En el cuarto capítulo del informe de investigación, se desarrolla las generalidades de la empresa, la estadística descriptiva del pretest y post test como resultado de los indicadores debido al tratamiento de la variable independiente; así también se describe la estadística inferencial de la variable dependiente, haciendo uso del IBM SPSS Statistics 25 para determinar la distribución de normalidad de la muestra con Shapiro Wilk y poder contrastar las hipótesis con las pruebas de T-Student y de Wilcoxon según sea el caso.

Generalidades de la empresa

La empresa metalúrgica, es una refinería que cuenta con 25 años de experiencia en el mercado y pertenece al sector industrial secundario. La empresa se dedica a procesar concentrados de zinc, también a la venta de zinc refinado en alta pureza, sus aleaciones y otros subproductos como: ácido sulfúrico, cobre, cadmio, plata y plomo. Así mismo, es la única refinería de zinc en el Perú, donde se refinan concentrados de zinc procedentes de minas que se encuentran en Lima, Junín y Pasco. Entre sus clientes se encuentran diversas marcas como: Toyota, Panasonic, Philips entre otros.



Figura 8. Principales clientes de la empresa

Misión

Ser una organización en la concepción y ejecución de proyectos mineros metalúrgicos para crear valor de forma consciente para los accionistas, trabajadores, clientes y socios. Nos caracterizamos por la capacidad de reconocer oportunidades que permitan acrecentar recursos y ejecutar proyectos necesarios para continuar con la alta rentabilidad y crecimiento de la empresa.

Visión

Ser una empresa que aspira a ser líder en la producción de concentrados de metales como: zinc, cobre y plomo en el mundo. Su estrategia de crecimiento se apoya en un modelo translucido e innovador que produzca valor de forma responsable para todos.

Valores

La empresa se rige por valores que se cumplen fielmente por sus colaboradores y clientes, los cuales son:

- Solidez
- Ética
- Unión
- Espíritu emprendedor
- Respeto

Historia de la empresa

La refinería de Zinc inició sus operaciones en el año 1981. Al inicio la empresa tenía una producción de zinc de electrolítico de buena calidad, los subproductos ácido sulfúrico, concentrados de plata, cemento de cobre y de cadmio tenían una capacidad menor de producción al año. Pertenece a la compañía internacional, el cual fue fundado el 6 de abril de 1949 desde entonces se dedican a la exploración, producción y comercialización de productos concentrados de zinc. Al inicio la empresa contaba con poca experiencia en el mercado y presentaba problemas recurrentes. Pero, con el paso del tiempo pudo superarse y ser reconocida como una compañía global de minería y metalurgia que se ubica entre uno de los cinco principales productores de zinc a nivel mundial.

Ubicación de la empresa

La refinería está ubicada en el departamento de Lima, Perú y está ubicada a 24 km del centro de Lima y 15 km del Este.



Figura 9. Vista satelital de la empresa metalúrgica.

Descripción de sus productos

La refinería se dedica al proceso metalúrgico de concentrados de zinc y a la venta de zinc de alta pureza, aleaciones de zinc y subproductos como: ácido sulfúrico, cadmio refinado, concentrado de plata. Entre sus productos más demandados se encuentran:

Tabla 3.
Productos y subproductos principales de la empresa.

PRODUCTO PRINCIPAL: ZINC REFINADO	
 <p>Barras de Zinc refinado</p>	<p>Características:</p> <p><i>Zinc SHG Barras (60% producción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - SHG – Zn al 99.995% - Barras de 25 Kg - Paquetes de 1TN aprox.
 <p>Jumbos de Zinc de 1 TN</p>	<p>Características:</p> <p><i>Zinc SHG Barras (60% producción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - SHG – Zn al 99.995% - Barras de 25 Kg - Paquetes de 1TN aprox.
SUBPRODUCTOS	
<p>Ácido Sulfúrico: Concentración 98.5%</p> 	<p>Cadmio metálico: 99.998% de pureza</p> 
<p>Indio metálico: 99.99% de pureza</p> 	<p>Cemento de Cobre: 55-70% de Cu</p> 

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

Descripción de proceso productivo

El objetivo de la empresa es que sus productos cumplan con las características solicitadas por el cliente, es decir, producir zinc de la más alta pureza de 99,995% y con los más altos estándares de calidad del producto conforme a las especificaciones químicas y físicas; conservando el medioambiente, la seguridad y la salud de las personas; así como fomentar y practicar los valores en la sociedad, que contribuyan al desarrollo sostenible.

El proceso productivo de dicho producto tiene comienzo con la compra de concentrados de zinc para ser tratados en los tostadores y así producir óxido de zinc o “calcina” para el proceso de lixiviación en el área de hidrometalurgia. La solución resultante de este proceso se purifica con el fin de eliminar los metales tales como Cu, Co, Mn, Ni, etc. y obtener la solución de sulfato de zinc, que se envía al área de Electrometalurgia (área crítica) para que a partir de un proceso de electrodeposición se obtengan las láminas de zinc que son llevados al área de Fusión y Moldeo, donde se cuentan con cuatro líneas de producción de zinc refinado: 2 líneas para producción de barras (Zn-302 S SHG) , y 2 líneas para producción de jumbos de 1 t y 2 t con diferentes porcentajes de aluminio.



Figura 10: Mapa de procesos

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

Equipos y maquinarias

El área de electrometalurgia es el área más crítica debido a que presenta altas temperaturas por el mismo proceso, maquinarias y equipos que posee, estos son:

Tabla 4:
Equipos y maquinarias del área de Electrolisis

EQUIPOS Y MAQUINARIAS	
	Descortezadora
	Grúa de traslado de ánodos y cátodos
	Torres de enfriamiento
	Planchadora de ánodos

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

Identificación de las causas del problema.

Para identificar las causas que generan el problema, como primer paso, se usó la técnica de la lluvia de ideas, lo cual se realizó con todos los participantes involucrados en el desarrollo del informe de investigación y el personal del área de mantenimiento. En este contexto, el ingeniero residente (quien viene a ser la máxima autoridad en el área de mantenimiento), coordinó que una hora antes de la salida el personal del área como: el ingeniero residente, la asistente administrativa, el supervisor operativo y los técnicos de mantenimiento se reunieran en la oficina. Cada uno compartió sus ideas y opiniones de las posibles causas que estén generando el problema de la baja disponibilidad en los equipos de aire acondicionado. Posterior a ello, la información recolectada se plasma y organiza en el diagrama de Ishikawa a fin de tener una mejor comprensión de las causas; luego se representaron gráficamente en el diagrama de Pareto para tomar la decisión de enfocarnos solo en los que estén generando el 80% de impacto en el contexto y proponer las mejoras.



Figura 11: Lluvia de ideas realizado en coordinación con el personal de mantenimiento

A continuación, se evidencian las principales causas que se determinaron a través de los métodos de calidad utilizados y representados en la figura N° 15.

- **Falta de un plan de mantenimiento.** Esto se produce porque no se realiza una actualización del estado de los equipos, solo realizan mantenimiento correctivo. Además, no hay seguimiento de los indicadores de mantenimiento. Todo ello se evidencia en las continuas interrupciones o fallas de ciertos equipos de aire acondicionado.



Figura 12: Falta de un plan de mantenimiento

- **Equipos en mal estado.** De acuerdo con las observaciones realizadas en la empresa metalúrgica, se evidencia que existen algunos equipos de aire acondicionado que se encuentran en mal estado. Es decir, estos equipos están en mal estado porque presentan corrosión en algunas partes y tienen deteriorado ciertos componentes que necesitan ser reemplazados.



Figura 13: Equipos de aire acondicionado en mal estado.

- **Equipos inoperativos.** Se observa que en la empresa metalúrgica existen equipos de aire acondicionado inoperativos por deterioro de sus componentes y fallas en el sistema operativo que se origina como consecuencia de la falta de un mantenimiento preventivo.



Figura 14: Equipos de aire acondicionado inoperativos

- **Falta de repuestos en el almacén.** En el área de almacén se observa que hay una carencia de repuestos necesarios para la reparación de los equipos de aire acondicionado. Esto ocurre debido a que la empresa no hace un seguimiento de control y gestión de los repuestos del equipo.



Figura 15: Falta de repuestos en el almacén

- **Insuficientes herramientas y/o equipos para realizar el mantenimiento.** En el momento que se realiza el mantenimiento de los equipos, se puede notar que existe la falta de algunas herramientas y/o equipos necesarios en el taller, lo que produce una pérdida de tiempo y un proceso ineficiente en el mantenimiento.



Figura 16: Insuficientes herramientas y/o equipos para realizar el mantenimiento

Situación actual de la empresa

Una vez realizado el análisis de la realidad problemática y la causa raíz del problema, haciendo uso de las herramientas de calidad ya descritas en la investigación, se pudieron observar, fotografiar y adquirir más información; lo cual se registrarán en una ficha de recolección de datos diseñada por el grupo de trabajo y aprobado por expertos, para realizar la medición inicial de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

En tanto, la empresa en estudio posee equipos de aire acondicionado distribuidos en las áreas productivas y administrativas, en este caso, el área en estudio será el de Electrolisis, área donde se realiza el proceso de electrolisis de los metales, cuenta con 18 equipos de aire acondicionado, para la cual se presenta una lista ordenada del inventario de los equipos en la tabla N° 19 y su posterior análisis plasmado en el plan de mantenimiento preventivo.

Considerando la información de la tabla N° 5, este consistió en determinar la disponibilidad actual de los equipos de aire acondicionado antes de realizar el tratamiento de la variable independiente. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TPMR}$$

En donde:

DISP: Disponibilidad

TMEF: Tiempo medio entre fallas

TPMR: Tiempo medio para reparar

Tabla 5.

Diagnóstico de la situación actual de la disponibilidad, abril a Julio.

SEMANA	VARIABLE DEPENDIENTE-DISPONIBILIDAD		
	TMEF	TPMR	DISPONIBILIDAD
1	290.60	21.40	93.14%
2	172.63	22.38	88.53%
3	200.36	22.50	89.90%
4	245.42	14.58	94.39%
5	176.88	18.13	90.71%
6	141.05	14.95	90.42%
7	290.40	21.60	93.08%
8	346.75	43.25	88.91%
9	202.36	20.50	90.80%
10	154.83	18.50	89.33%
11	289.90	22.10	92.92%
12	242.75	17.25	93.37%
PROMEDIO			91.29%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la información ubicada en la tabla 6, consistió en hallar la confiabilidad (TMEF) actual de los equipos de aire acondicionado antes de realizar el tratamiento de la variable independiente. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TMEF: Tiempo promedio entre fallas

HROP: Horas de operación

NTFALLAS: N° de fallas detectadas

Tabla 6.

Diagnóstico de la situación actual de la confiabilidad, abril a Julio.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-CONFIABILIDAD			
SEMANA	HORAS TOTALES DE OPERACIÓN	N° DE FALLAS	TMEF
1	1,453.00	5.00	290.60
2	1,381.00	8.00	172.63
3	1,402.50	7.00	200.36
4	1,472.50	6.00	245.42
5	1,415.00	8.00	176.88
6	1,410.50	10.00	141.05
7	1,452.00	5.00	290.40
8	1,387.00	4.00	346.75
9	1,416.50	7.00	202.36
10	1,393.50	9.00	154.83
11	1,449.50	5.00	289.90
12	1,456.50	6.00	242.75
PROMEDIO			229.49

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, la información que se ubica en la tabla 7, consistió en hallar la mantenibilidad (TPMR) actual de los equipos de aire acondicionado antes de realizar el tratamiento de la variable independiente. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TPMR: Tiempo de reparación

TTF: Tiempo total de fallas

NTFALLAS: N° total de fallas detectadas

Tabla 7.

Diagnóstico de la situación actual de la mantenibilidad, abril a Julio.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-MANTENIBILIDAD			
SEMANA	N° DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE FALLAS	TPMR
1	5.00	107.00	21.40
2	8.00	179.00	22.38
3	7.00	157.50	22.50
4	6.00	87.50	14.58
5	8.00	145.00	18.13
6	10.00	149.50	14.95
7	5.00	108.00	21.60
8	4.00	173.00	43.25
9	7.00	143.50	20.50
10	9.00	166.50	18.50
11	5.00	110.50	22.10
12	6.00	103.50	17.25
PROMEDIO			21.43

Fuente: Elaboración propia

Propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo

En base a los resultados obtenidos mediante los instrumentos de recolección de datos, se pudo conocer la situación actual del problema y el valor de los indicadores en el periodo 2020 de los meses abril-julio, por ello se procede a realizar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo teniendo en consideración las experiencias de los técnicos, los manuales del fabricante e información técnica de los proveedores, con el fin de mejorar los indicadores de disponibilidad, disminuyendo el número de fallas, los tiempos de reparación, aumentando su vida útil y reduciendo los costes de mantenimiento.

Para elaborar la propuesta de mejora se tuvo presente las siguientes actividades:

I. ETAPA PRELIMINAR

- Análisis de la situación actual del mantenimiento para visualizar el problema.
- Reunión de coordinación y firma de acta de compromiso.
- Elaboración de las fichas de recolección de datos para los indicadores.
- Recojo de información obtenida de las fichas de recolección de datos.

II. PLANIFICACIÓN

- Establecer las políticas, objetivos y metas
- Conformación del comité de trabajo y asignación de responsabilidades.
- Capacitación al personal.
- Elaboración del inventario de los equipos de aire acondicionado.
- Formato del análisis de criticidad.
- Formato del análisis AMEF
- Adquisición de equipos, herramientas, instrumentos y repuestos.
- Elaboración de formatos de mantenimiento.
- Elaboración de procedimientos de trabajo de mantenimiento

III. PROGRAMACIÓN

- Programación del mantenimiento preventivo
- Ejecución del mantenimiento preventivo

Recojo de información obtenida en las fichas de recolección de datos después de la mejora.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Tratamiento de la variable independiente.

Luego de identificar y analizar el problema a profundidad se propone realizar un plan de mantenimiento preventivo siguiendo todos los pasos del cronograma de actividades en el anexo N°5.

I. ETAPA PRELIMINAR

Todo el proceso de mejora inicia con una reunión con la alta gerencia para establecer acuerdos y un compromiso para el cumplimiento del plan.

Tabla 8:

Acta de compromiso de la alta gerencia

ACTA DE COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA		
ASUNTO: CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO: APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Asistentes:		
CARGO	NOMBRE	FIRMA
GERENTE DE MANTENIMIENTO		
INGENIERO RESIDENTE		
SUPERVISOR OPERATIVO		
TÉCNICO ELECTRICISTA		
TÉCNICO MECÁNICO		
TÉCNICO HVAC		
ACUERDOS:		
<p>Se estableció el rol de los participantes para la realización del plan de mantenimiento preventivo, el gerente de mantenimiento será el facilitador para el desarrollo de todo el proyecto de mejora. Todas las reuniones serán en los días laborables y se llevará a cabo al finalizar las labores diarias. La siguiente reunión del grupo de trabajo será el día....., este día se iniciará su capacitación en la parte teórica de plan de mantenimiento preventivo, al día siguiente el..... Se conocerán los casos de éxito en otras entidades a manera de ejemplo para ver los beneficios de aplicar la mencionada técnica. Todas las reuniones tendrán una duración mínima de 1 hora y una máxima de 2.5 horas por día, con un tiempo de intermedio de 20 minutos. Se menciona el compromiso y visto bueno de la Gerencia General para llevar a cabo la planificación y ejecución de la propuesta de mejora, con el compromiso de prestar las instalaciones e infraestructura y materiales durante el desarrollo de toda la aplicación del plan. Los participantes se comprometen a asistir a todas las reuniones y tener la mayor predisposición para asimilar los conocimientos y aplicar lo aprendido en otros equipos más adelante como parte de la mejora continua de la empresa.</p>		

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

II. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

Paso 1. Establecer las políticas, objetivos y metas.

Establecimiento de políticas, objetivos y metas del plan de mantenimiento preventivo para la organización y su cumplimiento.

Objetivo general

Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad, la mantenibilidad y la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado, en una empresa metalúrgica Lima-Perú, 2020. Asimismo, asegurar las condiciones de seguridad necesarias para el buen funcionamiento de los equipos de aire acondicionado.

Objetivos específicos

- Realizar una lista de inventario de los equipos de aire acondicionado del área de electrolisis.
- Realizar el análisis de criticidad y AMFE de los equipos.
- Elaborar formatos de mantenimiento
- Elaborar procedimientos de mantenimiento preventivo
- Programar el mantenimiento preventivo en los equipos críticos de aire acondicionado.

Políticas

- El personal a cargo del mantenimiento tiene la obligación de portar el equipo de protección personal adecuado a la tarea a desempeñar y estar autorizado para la realización de sus funciones.
- El personal a cargo del mantenimiento deberá estar comprometido a ser respetuoso, ser amable, tener un trato cortés y buena actitud con los usuarios que requieran los servicios.

- El personal a cargo del mantenimiento deberá entregar un reporte al finalizar cada semana de las tareas encomendadas a realizar durante ese periodo.
- Se deberá elaborar un programa de mantenimiento preventivo anual a los equipos e instalaciones de la empresa.

Metas

- Incrementar la disponibilidad de los equipos superior a los 95%.
- Incrementar la confiabilidad en un 10%.

Paso 2: Conformación del comité de trabajo y asignación de responsabilidades.

Están involucradas las personas que estarán a cargo de un puesto en particular del área de mantenimiento en función a una jerarquía organizacional, con sus obligaciones a cumplir y otros requisitos solicitados por cada puesto.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Gerente de mantenimiento

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de aire acondicionado para el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo de la empresa.
- Cumplir con las metas y resultados comprometidos con la gerencia general, en los plazos, términos y condiciones que se definan.
- Mantener actualizado al personal del área en conocimientos técnicos y procedimientos operacionales relacionados directamente con sus funciones.
- Formular y controlar el Presupuesto Anual del área de mantenimiento.
- Controlar y coordinar a través del Ingeniero Residente la disponibilidad de equipos de aire acondicionado, mantenciones programadas y mantenciones correctivas, manteniendo el nivel de servicio operacional.
- Supervisar y apoyar las actualizaciones de procedimiento de operación de su Gerencia en coordinación con las áreas o Gerencias que corresponda, que apunten a generar procesos más eficientes y seguros.
- Responsable junto al Ingeniero Residente de evaluar el cumplimiento del plan de mantenimiento y posible renovación y compra de nuevos equipos de aire acondicionado así lo dispone en función de la demanda y uso de los servicios definidos o por definir.
- Supervisar la emisión de reportes de gestión con los indicadores clave que se hayan definidos para el monitoreo de su área y de funciones seleccionadas

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Profesionales de la carrera de Ingeniería mecánica, industrial, mecatrónica o afines. Cursos de especialidad o maestría deseable.

Experiencia: Experiencia mínima 5 años en puestos similares. Liderando equipos de trabajo.

Idiomas: Ingles nivel avanzado.

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio, SAP.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Ingeniero residente

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Gestión de actividades de planificación, organización, dirección y control de trabajos y personal de la empresa en planta.
- Elaboración mejoras del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de equipos HVAC de toda la planta.
- Actualización periódica de los planes y programas requeridos para un adecuado seguimiento de la ejecución de los trabajos.
- Planificación de las actividades de trabajo de mantenimiento semanales.
- Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.
- Elaboración periódica de los informes que reflejen el estado de los trabajos y preparar la documentación definida en el contrato para ser entregada al cliente.
- Control de avance del servicio semanal.
- Análisis de los reportes de mantenimiento.
- Proponer y mantener sistemas de control que permitan hacer seguimiento de los recursos del servicio (horas hombre, producción, horas máquina, etc.).
- Cumplir de todas las recomendaciones de previsión industrial, a fin de observar el uso adecuado de los EPP y la eliminación de los riesgos de obra o accidentes industriales.
- Responder ante la Gerencia Técnica de la empresa por los trabajos que se ejecutan en el servicio dentro de los cuales se le haya asignado la responsabilidad de las funciones de supervisión en campo.
- Responder ante los clientes y/o los representantes designados por estos a efecto de limitarse en absolver explicaciones expresas de orden técnico sobre el servicio en ejecución de los trabajos.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Profesionales de la carrera de Ingeniería mecánica, mecatrónica o afines.

Experiencia: Experiencia mínima 3 años en el rubro de mantenimiento de equipos de aire acondicionado

Idiomas: Ingles nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio, SAP.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Ingeniero de seguridad

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Vigilar el cumplimiento de las normas de seguridad.
- Adiestrar e informar sobre los programas de seguridad laboral establecidos en la empresa.
- Colaborar en la elaboración de procedimiento de trabajo a la vez que asegurarse del cumplimiento de estos.
- Fomentar el orden y la limpieza en los lugares de trabajo.
- Incentivar la cultura preventiva entre los trabajadores.
- Informar sobre el uso y mantenimiento correcto de equipos de trabajo.
- Notificar sobre el uso obligatorio de equipos de protección individual y colectivo.
- Comunicar a la dirección sobre las deficiencias detectadas.
- Colaborar en la investigación de accidentes laborales.
- Difundir las medidas de emergencia contempladas en el plan de emergencia de la empresa.
- Revisar la correcta ubicación de los equipos de extinción de incendios, así como su correcta ubicación.
- Verificar el contenido del botiquín de primeros auxilios.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Profesionales de la carrera de Ingeniería de seguridad y salud en el trabajo, industrial, ambiental o carreras afines.

Experiencia: Experiencia mínima 3 años como especialista en seguridad ocupacional y medioambiente

Idiomas: Inglés nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft Office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Asistente administrativa

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Presentar todos los entregables según los alcances y las fechas establecidas en el presente procedimiento.
- Presentar los resultados de la valorización según la fecha estipulada por el gestor de contratos.
- Presentar la factura del mes valorizado inmediatamente después de ser liberado por la gerencia.
- Presentar los resultados de desempeño de Salud, Seguridad y Medio Ambiente inherentes al servicio a través de la matriz de seguimiento.
- Cumplir con todas las normas y procedimientos establecidos por la refinería.
- Informar la estructura que soporta el servicio contratado, así como los cambios realizados dentro del ciclo de valorización en curso
- Cumplir con el procedimiento de valorización de servicio
- Asistir en coordinación de las actividades de Mantenimiento del sector, suministrando materiales.
- Coordinar trabajos/proyectos menores en oficinas administrativas.
- Asistir en elaborar los informes técnicos y/o administrativos durante el desarrollo del trabajo y a su conclusión, para su aprobación.
- Así como de apoyar en la evaluación de presupuestos de terceros, que le sean encomendados.
- Actualizar y Asistir en el control de los KPIs de mantenimiento y presupuesto del área.
- Gestionar y dar seguimiento a la generación y envío de OC de mantenimiento, así como también las labores administrativas concernientes a la recepción de facturas y pago de proveedores.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Licenciatura en administración o puestos afines o técnico superior universitario.

Experiencia: Experiencia mínima 1 año ocupando el cargo. Buena redacción de documentos

Idiomas: Ingles nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Supervisor operativo

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Ejecutar las actividades asignadas, en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen su área, por lo que deberá mantenerse permanentemente actualizado.
- Coordinar, asignar, ejecutar y supervisar la debida ejecución de los programas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo que se realizan en los equipos de aire acondicionado del proceso a su cargo.
- Verificar el cumplimiento de las labores de mantenimiento correctivo de acuerdo con los tiempos y estándares de servicio.
- Supervisar al equipo de técnicos a cargo, verificando el cumplimiento de las tareas asignadas.
- Gestionar el abastecimiento de repuestos necesarios para la ejecución de las labores de mantenimiento.
- Elaborar reportes de indicadores de gestión (KPI's) de la gestión de mantenimiento.
- Garantizar y asegurar la operatividad y disponibilidad de estos en las áreas asignadas
- Asegurar los estándares de calidad y seguridad en el mantenimiento mecánico alineándose a los reglamentos y procedimientos del cliente y propios de la empresa.
- Cumplir y dar a conocer las medidas de control existentes, descritas en la matriz IPER (Identificación de peligros y evaluación de riesgos) y la matriz de aspectos ambientales para promover su cumplimiento.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Técnico o ingeniero mecánico, industrial o afines

Experiencia: Experiencia mínima 2 años ocupando el cargo. Conocimiento de elaboración y programación del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Idiomas: Ingles nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Técnico de mantenimiento industrial de equipos de refrigeración
Área a la que pertenece: Mantenimiento
Número de plazas: 3

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Revisión del buen funcionamiento del sistema de aire acondicionado de las maquinarias pesadas.
- Detectar anomalías y diagnosticar la magnitud de las fallas.
- Reparación de fallas en equipos de aire acondicionado.
- Revisión y arreglo del sistema eléctrico de los equipos de aire acondicionado.
- Realizar prueba de vacío del sistema de aire acondicionado.
- Cargar el sistema de aire acondicionado con gas refrigerante.
- Realizar cualquiera de las funciones específicas del supervisor de mantenimiento de aire acondicionado.
- Elaboración de informes técnicos previos y culminada la labor.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Estudios técnicos en electricidad, mecánica, refrigeración industrial o carreras afines

Experiencia: Experiencia mínima 3 años ocupando el cargo. Conocimientos en equipos de aire acondicionado.

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

De lo anterior, se muestra un organigrama del área de mantenimiento que corresponde a un flujo de trabajo estructurado para agilizar los procesos. Por tanto, debe estar bien consolidado, en este caso lo conforma el gerente general quien va a la cabeza de todos, el ingeniero residente, el ingeniero de seguridad, el asistente administrativo, el supervisor operativo y los grupos técnicos quienes realizarán el mantenimiento a los equipos.

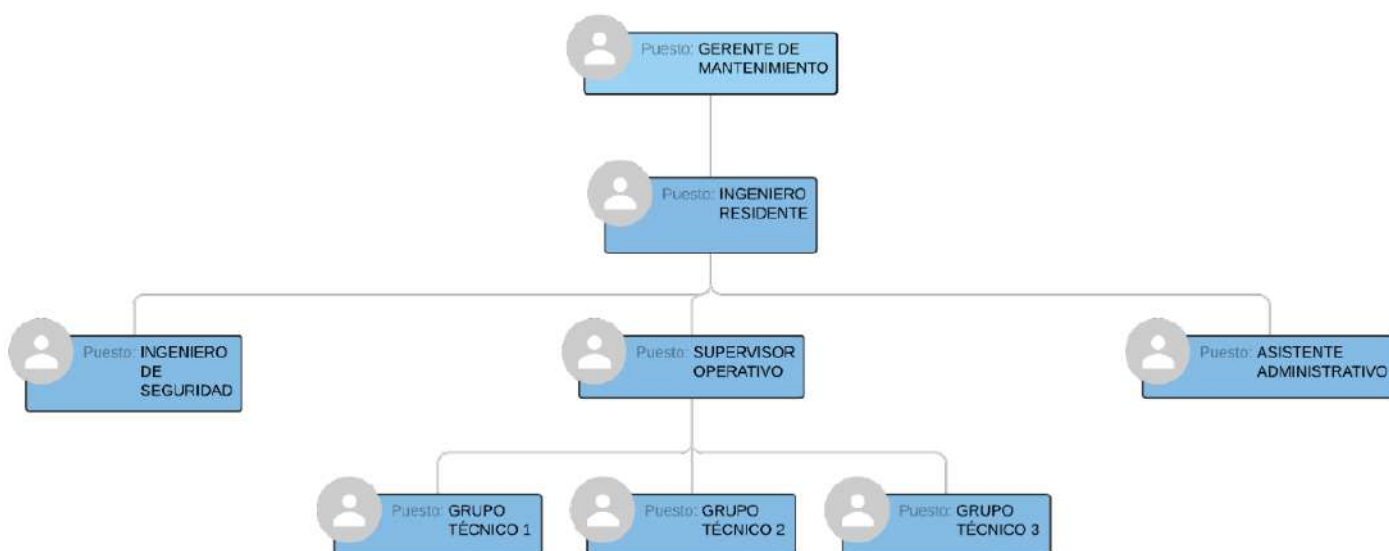


Figura 17. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa

Paso 3: Capacitación al personal.

- Las capacitaciones que se desarrollarán estarán a cargo de una empresa tercerizada, especialista en los temas a tratar tanto en mantenimiento, seguridad y será brindado a todos los trabajadores del área.
- Este curso tendrá una duración total de diez horas que serán comprendidas en los dos días de entrenamientos y realizadas en las instalaciones de la empresa.
- Al final de cada día se realizará una evaluación por parte del consultor hacia los participantes.
- El costo de este curso es de S/ 2,500.00 soles.

CAPACITACIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
DÍA 1	DÍA 2
EXPLICACIÓN DEL CONCEPTO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN, PASOS PARA IMPLEMENTACIÓN, OBJETIVOS DE LA EMPRESA, METAS Y BENEFICIOS DEL PLAN	ANALISIS DE FALLOS, USO DE FORMATOS, PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE DE LOS EQUIPOS DE A/A, SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA Y RESULTADOS DEL PLAN EN OTRAS EMPRESAS
INVERSIÓN	S/2,500.00

Figura 18: Plan de capacitación al personal.

Paso 4: Inventario de los equipos de aire acondicionado

El aire acondicionado, es un sistema muy utilizado en el hogar, en las empresas porque tiene la función de controlar la temperatura de un espacio en tiempos de verano o exista elevadas temperaturas en el ambiente por la misma producción; tiene las ventajas de eliminar la humedad del ambiente, mantener la circulación, el control de la salida del aire y su limpieza. Existen muchos tipos de estos equipos, tienen diferentes modelos y marcas, diferentes funcionalidades, tamaños, etc. Es así como, es de vital importancia se mantenga una temperatura constante y que el equipo esté disponible para evitar fallas funcionales, paradas no programadas en el proceso, en las maquinarias y en el mismo equipo.

La empresa en estudio posee equipos de aire acondicionado distribuidos en las áreas productivas y administrativas, en este caso, el área de Electrolisis es el área de producción en estudio al contar con un número mayor de equipos y que presentan más problemáticas, cuenta con 18 equipos, para la cual se presenta una lista ordenada de los equipos con alguna de sus características principales.





INVENTARIO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO			
Empresa:	Empresa metalúrgica S.A.C		
Total equipos:	18		
DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CÓDIGO
Equipo A/A N° 1 sala de diodos	CLIMATE MASTER	TLV300AFD3AJFTS	7901-0370G2530
Equipo A/A N° 2 sala de diodos	CLIMATE MASTER	TLV300AFD3AJFTS	7901-0370G2531
Equipo A/A sala gabinete de control	CLIMATE MASTER	----	7901-0370G2610
Equipo A/A Paq. Tablero descortezador	CLIMATE MASTER	TLV120AFD3AJBFS	7901-0370G269-P1
Equipo A/A N° 1 del panel	YORK	H5CE090A46A	7901-0370G370-P1
Equipo A/A N° 2 del panel	YORK	H5CE090A46A	7901-0370G370-P2
Equipo A/A sala Relay	YORK	H5CE090A46A	7901-0370G370-P3
Equipo A/A tablero control trafo G565	RITTAL	----	7901-0370G565-1
Equipo A/A tablero control trafo	RITTAL	-----	7901-0370G566-2
Equipo A/A laboratorio Secc. 70- ducto	YORK	YAU24CR	7901-0370G571
Equipo A/A N°1 oficinas	LG	TN-C060BSA0	7901- 0370J001
Equipo A/A N°2 oficinas	LG	TN-C0362SAO	7901-0370J002
Equipo de A/A sala de reuniones	LG	----	7901-0370J004
Equipo A/A de tablero de grúa	CLIMASA	CLS	7901-03731020-P1
Equipo A/A sala transforectificador	YORK	DM300C00A4AAA2 A	7901-0373G1048-P1
Equipo A/A Tab CTRL transforectificador	RITTAL	SK3304100	7901-0373G1048-P2
Equipo A/A gabinete grúa fila 1	CLIMASA	CLS500	7901-0375G2133E22
Equipo A/A gabinete grúa fila 2	CLIMASA	CLS500	7901-0375G2134E22

Figura 19: Inventario de los equipos de aire acondicionado




- Componentes de los equipos de aire acondicionado.

El equipo de aire acondicionado está conformado por diferentes componentes, y cada uno de ellos realiza una función en especial. Entre los componentes principales están:

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO		
S I S T E M A D E R E F R I G E R A C I Ó N	1. Compresor	
	El compresor de alto rendimiento, tipo semi-hermético. Se caracteriza por una elevada eficiencia, funciona a velocidades inferiores a 1750 r.p.m., lo que le garantiza una elevada vida. El compresor opera con succión de gas refrigerante.	
	2. Condensador (zona caliente).	
	El condensador tiene la función de disipar el calor suministrado al refrigerante en el evaporador y disiparlo a otro medio haciendo la función de intercambiador. Cada condensador contiene tres zonas: En la primera zona, la zona de sobrecalentamiento, el refrigerante se sobrecalienta en forma de vapor hasta la temperatura de condensación. El refrigerante es entonces condensado en la segunda zona; temperatura y presión permanecen constantes durante este proceso. En la última zona, el refrigerante es enfriado por debajo de la temperatura de condensación pasando a ser líquido. Se compone de múltiples tubos de cobre soldados sin costura que han sido mecánicamente unidos para asegurar un ajuste de presión con las aletas de aluminio manteniendo un máximo contacto térmico. La superficie del tubo y las aletas de aluminio aseguran una transferencia de calor óptima.	
	3. Ventilador de condensación	
	Conjunto de motor – ventilador para la disipación del calor producido en el condensador su funcionamiento es automático en función de la presión del refrigerante siendo apto para el funcionamiento tanto en zonas calurosas como en ambientes fríos.	
	4. Acumulador de refrigerante.	
	Recipiente acumulador vertical de alta presión para el gas refrigerante, construido con plancha embutida de calidad especial y espesores con gran margen de seguridad, marcados según Normativa CE., incorporan una conexión de 1/4" NPT hembra para la ubicación de la válvula de seguridad.	

S I S T E M A D E R E F R I G E R A C I O N	1. Válvula de seguridad en sector de alta presión.	
	Válvula de seguridad incorporada en el recipiente de presión de refrigerante según Normativa con una presión de tarado de 27,5 Kg./cm ² . Conexión entrada 1/4" NPT., salida escape libre 3/8" SAE., su construcción es en latón forjado, muelle en inoxidable y cierre sintético indeformable sobre asiento pulido.	
	2. Filtro deshidratador.	
	Un contenido de humedad excesiva en el circuito refrigerante puede ocasionar un mal funcionamiento o fallo del sistema. Las causas de la humedad excesiva pueden ser motivadas por lo siguiente: uso de refrigerante o aceite húmedo, pérdidas en el circuito, servicios de muy mala calidad o secados incompletos del sistema. Las consecuencias de la humedad excesiva en el sistema son hielo, productos corrosivos y ácido. Impurezas sólidas como partículas de metal, costra, óxidos de metal o suciedad pueden causar fallos en el sistema. Un filtro secante tiene la función de proteger el sistema contra humedad y partículas de suciedad.	
	3. Visor de líquido de refrigerante con indicador de humedad.	
	Es un indicador para todos los refrigerantes convencionales. La visibilidad es óptima gracias a grandes diámetros de lente con características de ángulo ancho. Los visores con indicación de humedad nos permiten conocer en el momento el estado del fluido refrigerante, el color verde nos indicará que el gas está en perfectas condiciones sin humedad, si se observa que su color se torna amarillo existe demasiada humedad en el circuito frigorífico la unidad deberá ser revisada por personal cualificado.	
	4. Válvula de expansión termostática con compensación de presión externa	
	Las válvulas de expansión termostática son aparatos de regulación cuyo trabajo es siempre suministrar al evaporador la cantidad de refrigerante bajo las condiciones de trabajo requeridas. De este modo están pensados para mantener el equilibrio entre la entrada y salida en cada momento del trabajo para utilizar al máximo las superficies del evaporador con transferencias de calor.	
	5. Evaporador (zona fría).	

<p>El evaporador tiene la función de absorber el calor suministrado al refrigerante en el aire de climatización y disiparlo a otro medio haciendo la función de intercambiador. Diseño: Se compone de múltiples tubos de cobre soldados sin costura que han sido mecánicamente unidos para asegurar un ajuste de presión con las aletas de aluminio manteniendo un máximo contacto térmico. La superficie del tubo y las aletas de aluminio aseguran una transferencia de calor óptima. El montaje de la batería es un conjunto cerrado en una carcasa de chapa galvanizada.</p>	
1. Válvula solenoide de 2-vías.	
<p>Válvula solenoide empleada para cerrar el circuito cuando la maquina esta parada, esto almacena el líquido refrigerante para prevenir que en la arrancada el compresor tenga problemas con el refrigerante en estado líquido.</p>	
2. Presostato de alta.	
<p>Presostato para controlar la alta presión de refrigerante. Su función es parar la maquina en sobrepasar los límites prefijados de presión. No probar de cambiar la graduación de los presostatos, porque, un cambio en la graduación puede provocar mal funciones en el proceso de la máquina.</p>	
3. Presostato de control de condensación.	
<p>Sistema de control del refrigerante, este control determina el encendido y apagado del ventilador de condensación, la función es automática y sale regulada de nuestros tests. No probar de cambiar la graduación de los presostatos, porque, un cambio en la graduación puede provocar mal funciones en el proceso de la máquina.</p>	
4. Gas refrigerante en la unidad.	
<p>El gas utilizado en la unidad HVAC es ecológico con la denominación R-507, es una mezcla azeotrópica de gases HFC compuesto por R-125 y R-134A, sin cloro y con átomos de hidrógeno, sin potencial destructor del ozono (ODP) y muy bajo efecto invernadero (GWP); estable químicamente, buenas propiedades termodinámicas y de toxicidad baja, tiene un valor de AEL (Allowable Exposure Limit) de 100 ppm (8 horas, TWA). Precaución en</p>	

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO		
S I S T E M A D E V E N T I L A C I Ó N	1. Ventilador de impulsión.	
	Ventilador centrífugo de doble aspiración de baja / media presión para la impulsión de aire al cuadro.	
	2. Motor eléctrico ventilador.	
	Motor eléctrico para la transmisión mecánica del ventilador, la transmisión con el ventilador se efectúa mediante transmisión por poleas y correas trapezoidales disponiendo de una base tensora regulable lo que permite el tensado de las correas cuando sea preciso.	
	3. Filtro de recirculación.	
	Se usa como estándar un filtro de aire de clase EU-4. Es un tejido no trenzado de alto funcionamiento fabricado resistente a la rotura, de fibras sintéticas orgánicas, limitado térmicamente a 100 °C. Con una clasificación respecto al fuego de F 1, el material utilizado está en concordancia según DIN 24185 y EN 779 CEN TC 195. La presión diferencial final máxima es de 300 Pa, la eficacia de separación de partículas es de 90%. Los filtros de aire están ubicados en la caja de entrada de aire y puede salir fácilmente del aparato.	



COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO	
Trasductor de temperatura.	
onda para medir la temperatura, con la cual el autómata programable interpretara la señal en forma de mA, el cual dependiendo del valor realizara una acción u otra, los parámetros son modificables desde la pantalla táctil.	
Termostato programable.	
istema de Control mediante procesador para la gestión del sistema, es de lógica programable que mediante sensores externos de temperatura, de presión y de estado de funcionamiento dialoga con el panel del operador controlando en automático el proceso de la unidad, la comunicación con la pantalla táctil del operador se puede efectuar sobre pedido mediante un cable de serie de hasta 50 mts, opcionalmente están disponibles sistemas de conexión a red y módem mediante números móviles GSM, funciones o alarmas. El sistema permite además verificar, actualizar y modificar los parámetros funcionales de la enfriadora mediante ordenador remoto a través de Internet.	

Figura 20: Componentes de los equipos de aire acondicionado

- Ficha técnica de los equipos de aire acondicionado

En la ficha técnica se van a representar la descripción de las características de los equipos de aire acondicionado, para su conocimiento general por parte de todo el equipo, este servirá para facilitar su ubicación y conocer su funcionamiento en caso de que ocurriera una situación reactiva y tomar acciones inmediatas, ver anexo 6.

Paso 5: Formato del análisis de criticidad de los equipos

Aplicar un plan de mantenimiento preventivo no es beneficioso si se realiza a todos los equipos o maquinarias, porque también existen aquellos equipos cuya falla no afecta al sistema de producción a comparación de otros equipos que, si son críticos que cuando fallan, producen una parada total y suspensión drástica de la producción. Para determinar que equipos son críticos o no, es necesario realizar un análisis de criticidad por medio de una matriz de frecuencia, para ello se muestran los criterios de 4 indicadores con sus puntuaciones: Seguridad y medio ambiente, producción, calidad y mantenimiento.

EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS			
ASPECTO	DESCRIPCIÓN		PUNTUACIÓN
CALIDAD	Influencia en la calidad del servicio	Desisiva	5
		Importante	4
		Sensible	3
		Nula	2
SEGURIDAD	Influencia en la seguridad	Riesgo normal	5
		Riesgo para instalación	4
		Influencia relativa	3
		Sin influencia	1
PRODUCCIÓN	Tasa de utilización del equipo	>80%	4
		Entre 50 y 80%	2
		<50%	1
	Equipo auxiliar	Sin probabilidad de reemplazo	5
		Equipos de la misma clase en el á	4
		Equipos con duplicado	1
	Influencia sobre el proceso	Paro de proceso	5
		Influencia importante	4
		Influencia relativa	3
MANTENIMIENTO	Costo mensual de mantenimiento	Elevado	4
		Medio	2
		Reducido	1
	Horas de paro al mes	Elevado	4
		Medio	2
		Bajo	1
	Grado de especialista	Especialista	4
		Normal	2
		Sin especialidad	1

Figura 21: Análisis de criticidad de los equipos

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento, García 2003

De acuerdo con el puntaje que se obtienen, con la suma de los indicadores, se establecen en 3 grupos para obtener el nivel de criticidad.

Tabla 9.

Puntuación de los niveles de criticidad.

PUNTUACIÓN	NIVEL DE CRITICIDAD
Entre 25 y 35	Alta criticidad
Entre 16 y 24	Criticidad media
Menor a 15	Baja criticidad

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento, García 2003

Por consiguiente, se procede a evaluar cada equipo y asignar una de las puntuaciones correspondientes.

IT	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN		MANTENIMIENTO				VALOR DE CRITICIDAD	CRITICIDAD
		Influencia en la calidad del servicio	Influencia en la seguridad	Tasa de utilización del equipo	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Costo mensual de mantenimiento	Horas de paro al mes	Grado de especialista		
1	EQUIPO A/A N° 1 SALA DE DIODOS	4	4	4	4	4	4	2	4	30	ALTA CRITICIDAD
2	EQUIPO A/A N° 2 SALA DE DIODOS	4	4	4	4	4	4	2	4	30	ALTA CRITICIDAD
3	EQUIPO A/A SALA GABINETE CONTROL	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
4	EQUIPO A/A PAQ. TABLERO DESCORTEZADOR	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
5	EQUIPO A/A #01 DEL PANEL	2	3	2	4	3	2	2	1	19	CRITICIDAD MEDIA
6	EQUIPO A/A #02 DEL PANEL	2	3	2	4	3	2	2	1	19	CRITICIDAD MEDIA
7	EQUIPO A/A SALA RELAY	2	3	4	1	3	2	2	1	18	CRITICIDAD MEDIA
8	EQUIPO A/A TABLERO CONTROL TRAF0 G565	2	3	4	5	3	2	2	1	22	CRITICIDAD MEDIA
9	EQUIPO A/A TABLERO CONTROL TRAF0	2	3	4	5	3	2	2	2	23	CRITICIDAD MEDIA
10	EQUIPO A/A LABORATORIO SECC 70- DUCTO	2	1	4	1	3	1	1	1	14	BAJA CRITICIDAD
11	EQUIPO A/A #1 OFICINAS	2	1	2	1	3	1	1	1	12	BAJA CRITICIDAD
12	EQUIPO A/A #2 OFICINAS	2	1	2	1	3	1	1	1	12	BAJA CRITICIDAD
13	EQUIPO DE A/A SALA DE REUNIONES	2	1	4	1	3	1	1	1	14	BAJA CRITICIDAD
14	EQUIPO A/A DE TABLERO DE GRUA	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
15	EQUIPO A/A SALA TRANSFORECTIFICADOR	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
16	EQUIPO A/A TAB CTRL TRANSFORECTIFICADOR	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
17	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 11	4	4	4	4	4	2	2	4	28	ALTA CRITICIDAD
18	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 12	4	4	4	4	4	2	2	4	28	ALTA CRITICIDAD

De la tabla anterior, los resultados obtenidos de los equipos críticos, semi críticos y bajos en criticidad se representan en la siguiente figura.

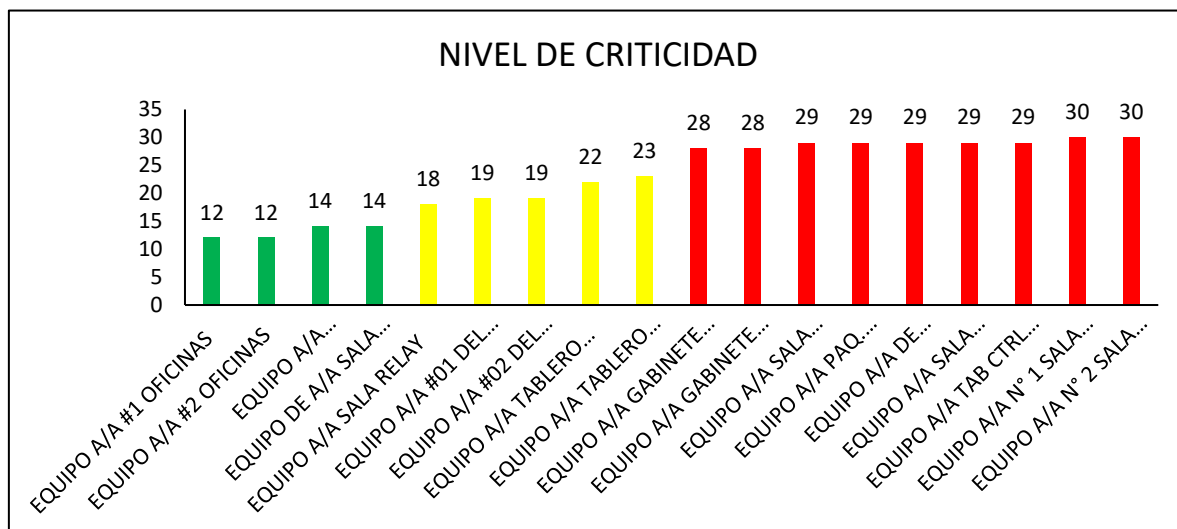


Figura 22: Nivel de criticidad de los equipos de aire acondicionado

Paso 6: Formato para el análisis de modo y efecto de fallos (AMEF)

El análisis de modo y efecto de fallos (AMEF), es un método y una forma para identificar los problemas potenciales o conocidos y sus posibles efectos en el sistema para priorizarlos y poner a concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y de respuesta.

Los beneficios que trae son:

- Identificar las fallas o defectos antes de que estos ocurran.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios ya que reduce los tiempos de desperdicios y retrabajos.
- Reducir los costos de garantías
- Procesos de desarrollo más cortos

Entonces, los pasos para realizar un análisis de modo y efecto de fallos consisten en: determinar los equipos a analizar (aire acondicionado), luego se determinan los posibles modos de falla y sus efectos, asignándole ponderaciones (puntuaciones) para finalmente hallar el número prioritario de riesgo. Las ponderaciones son las siguientes: Grado de severidad, ocurrencia y detección.

GRADO DE SEVERIDAD		
Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre sin previo aviso	10
Peligroso con aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre con previo aviso	9
Muy alto	Puede ser que el 100% del producto se deseche. Paro de línea	8
Alto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adicción de mano de obra	7
Moderado	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y se aceptada	6
Bajo	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y ser aceptada	5
Muy bajo	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada	4
Remoto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada.	3
Muy remota	Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación u operador	2
Ninguno	Sin efecto discernible	1

Figura 23: Ponderación del grado de severidad

Fuente: Análisis de modo y efecto de fallas potenciales, Villanueva, 2010.

GRADO DE OCURRENCIA		
Efecto	Criterio	Nivel
Muy alta. Fallos muy repetitivos	1 falla al mes	5
Alta. Fallos repetitivos	1 falla entre 1 a 3 meses	4
Moderada. Fallos ocasionales	1 falla entre 3 meses a 6 meses	3
Baja. Pocos fallos	1 falla entre 6 meses a un año	2
Muy baja. Muy pocos fallos	1 falla cada año	1

Figura 24: Ponderación del grado de ocurrencia

Fuente: Análisis de modo y efecto de fallas potenciales, Villanueva, 2010.

GRADO DE DETECCIÓN		
Probabilidad de detección	Criterio	Nivel
Casi imposible	Sin control de proceso actual. No puede detectarse	10
Muy remota	La causa del modo de falla no es fácilmente detectada	9
Remota	Detección del modo de falla posterior al procesamiento, por el operador por medios visuales/táctiles/audibles.	8
Muy baja	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través de medios visuales/táctiles/audibles	7
Baja	Detección del modo de falla posterior al procesamiento, por el operador con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa)	6
Moderada	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través del uso de gages o controles que notifiquen al operador (luz, timbre)	5
Moderadamente alta	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por controles automatizados	4
Alta	Detección del modo de falla en la estación por controles automatizados	3
Muy alta	Detección de las causas del fallo en la estación por controles automatizados que detectan el error y lo previenen	2
Casi cierta	Prevención de las causas del fallo como resultado de diseño de un dispositivo, diseño de la máquina o diseño de la parte	1

Figura 25: Ponderación del grado de detección.

Fuente: Análisis de modo y efecto de fallas potenciales, Villanueva, 2010.

De acuerdo con las puntuaciones anteriores, se podrán realizar la matriz AMFE para determinar las fallas potenciales y funcionales del sistema.

$$\text{NPR} = \text{SEVERIDAD} \times \text{OCURRENCIA} \times \text{DETECCIÓN}$$

Tabla 10.
Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF).

Componente	Modo de fallo potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Compresor	Sobrepresión en la salida	Aire a temperatura ambiente	6	Recarga excesiva de refrigerante	2	Técnico reporta el fallo	5	60	Inspeccionar visualmente la tubería de alta presión
	Baja presión en la entrada	Congelamiento del sistema	6	Fuga de refrigerante en el sistema	3	Técnico reporta el fallo	6	108	Inspeccionar el sistema en búsqueda de fugas
Serpentines	Suciedad	Congelamiento del sistema	5	Presencia de impurezas en el sistema	5	Técnico reporta el fallo	5	125	Realizar limpieza del serpentín
Válvula de expansión directa	Obstrucción	Climatización ineficiente	6	Presencia de impurezas en el sistema	2	Técnico reporta el fallo	1	12	Inspeccionar el correcto funcionamiento de la válvula. Revisar el funcionamiento del filtro secador
Filtro	Suciedad	Climatización ineficiente; congelamiento del sistema	7	Baja presión en la unidad interior, debido a la falta de circulación eficiente de aire	5	Técnico realiza el mantenimiento	4	140	Realizar limpieza del filtro
	Suciedad	Flujo de aire ineficiente; malos olores	6	Acumulación de partículas de polvo y suciedad en las rejillas	3	Técnico realiza el mantenimiento	7	126	Realizar limpieza del ventilador
Ventilador interior	Aspa rota	Vibraciones; ruido	7	Desbalance en las aspas	2	Técnico reporta el fallo	7	98	Verificar el estado del ventilador. Ajustar de ser necesario
	Atascamiento	No hay flujo de aire	7	Motor averiado, objeto en el interior del ventilador	2	Técnico reporta el fallo	8	112	Verificar el estado del motor. Retirar cualquier objeto del interior del ventilador
Sistema de control	No hay señal	El sistema no se desactiva con la apertura de la puerta	8	Ajuste del sensor	2	Técnico realiza el mantenimiento	5	80	Revisar estado del sensor
	No hay señal	El control de pared no funciona	8	Lector o tarjeta dañada	2	Técnico realiza el mantenimiento	7	112	Verificar estado de tarjeta y del lector. Ajustar o cambiar en caso de ser necesario
	No hay señal	El display no funciona	8	Tarjeta en mal estado	2	Técnico realiza el mantenimiento	7	112	Verificar estado de tarjeta. Ajustar o cambiar en caso de ser necesario
Desagüe	Obstrucción	Pérdida de agua por el frente del sistema	6	Suciedad acumulada	4	Técnico realiza el mantenimiento	5	120	Limpiar la manguera de desagüe

Paso 7: Adquisición de repuestos, equipos, herramientas e instrumentos

Por otro lado, los repuestos, herramientas y equipos de trabajo son indispensables y necesarios para llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo; por tal motivo, deben estar disponibles en el momento en el que se requieran para su utilización en base al programa establecido. Todas las áreas relacionadas al mantenimiento deben estar siempre en constante comunicación, tener compromiso y compartir información para que lo planificado y programado resulte provechoso, optimo en favor de toda la empresa.

CONSUMIBLES PARA EQUIPO A/A TIPO PAQUETE				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo Total (S/.)
1	Gas refrigerante R-410	S/330.00	4	S/ 1,320.00
2	Aceite Poliester	S/233.80	2	S/ 467.60
3	Trapos de limpieza	S/ 1.00	80	S/ 80.00
4	Lata de grasa	S/ 90.00	4	S/ 360.00
5	Pintura epoxica gris	S/132.00	2	S/ 264.00
6	Limpiacontactos	S/ 25.00	4	S/ 100.00
7	Cinta de aluminio	S/ 29.00	4	S/ 116.00
8	Anti clean	S/ 18.00	4	S/ 72.00
9	Silicona	S/ 30.00	2	S/ 60.00
10	Rollo de cable eléctrico	S/105.00	1	S/ 105.00
11	Pernos, arandelas y tuercas	S/ 2.50	50	S/ 125.00
TOTAL				S/ 3,069.60

Figura 26: Costos de consumibles para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

En la figura N° 26, muestra los costos anuales de los consumibles para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de los consumibles para el plan de mantenimiento preventivo es de S/. 3,069.60.

STOCK DE REPUESTOS PARA EQUIPO A/A TIPO PAQUETE				
Item	Descripción del articulo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Compresor r410 a 460v/3ph/60hz Climate master 150.000btu/h	S/ 10,533.80	2	S/ 21,067.60
2	Condensador de tubos	S/ 3,560.00	2	S/ 7,120.00
3	Ventilador de condensacion	S/ 680.00	2	S/ 1,360.00
4	Acumulador de refrigerante	S/ 145.00	2	S/ 290.00
5	Valvula de seguridad de alta presion	S/ 156.50	4	S/ 626.00
6	Filtro deshidratador	S/ 196.02	4	S/ 784.08
7	Visor de liquido de refrigerante con indicador de humedad	S/ 68.00	4	S/ 272.00
8	Valvula de expansion climate master	S/ 839.09	6	S/ 5,034.54
9	Evaporador de tubos	S/ 4,525.00	2	S/ 9,050.00
10	Valvula solenoide para refrigeracion de 2 vias	S/ 168.00	4	S/ 672.00
11	Presostato de alta con diferencial r410 con capilar	S/ 154.16	8	S/ 1,233.28
12	Tarjeta de control climatemaster	S/ 1,051.84	2	S/ 2,103.68
13	Termostato programable 24 volt-rango: 5 a 37°c	S/ 263.67	2	S/ 527.33
14	Sensor para evaporador climate master	S/ 172.52	4	S/ 690.08
15	Sensor para condensador climate master	S/ 193.44	4	S/ 773.74
16	Capacitor 20mf 440v/370v -40 a 70 °f	S/ 22.33	9	S/ 200.97
17	Condensador 10 microfaradios 370 vac	S/ 19.90	9	S/ 179.10
18	Transformador 220v a 24v /100va ,2.5 amp	S/ 64.63	2	S/ 129.26
19	Contactor 30 a 3ph	S/ 271.93	4	S/ 1,087.71
20	Rele de 8 pines con base 220 voltios	S/ 40.25	4	S/ 161.00
21	Relay encapsulado 5 pines 24v	S/ 32.74	4	S/ 130.97
22	Valvula servicio sistema refrigeracion	S/ 9.21	10	S/ 92.10
TOTAL				S/ 53,585.44

Figura 27: Costos de Stock de repuestos para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 27, muestra los costos anuales de repuestos para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual del stock de repuestos para el plan de mantenimiento preventivo es de S/. 53,585.44.

LISTA DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Juego de destornillador dado (medidas: 5/16 ", 1/4 ", 3/8 ", 1/2 ")	S/ 34.90	1	S/ 34.90
2	Llave francesa (medidas: 8", 10", 12")	S/ 50.50	1	S/ 50.50
3	Juego de alicates (universal punta y corte) Stanley mango amarillo	S/ 60.00	1	S/ 60.00
4	Destornillador plano, estrella de golpe 1/4 x 4" Stanley	S/ 20.00	1	S/ 20.00
5	Cuchilla retractil stanley 10-143	S/ 21.00	4	S/ 84.00
6	Jgo de limas pequeñas 22-314 Stanley por 5 pza.	S/ 59.90	1	S/ 59.90
7	Jgo de llaves allen mm 69-253 Stanley	S/ 44.90	1	S/ 44.90
8	Wincha de 5 mts stanley	S/ 13.90	1	S/ 13.90
9	Lima plana y redonda con mango de Pvc nicholson 10"	S/ 39.90	1	S/ 39.90
10	Martillo de goma con mango madera 57-516 Stanley	S/ 16.90	1	S/ 16.90
11	Engrasadora truper con manguera 14861	S/ 43.90	1	S/ 43.90
12	Maleta de herramientas de 21" urrea cpu20a Heavy duty	S/ 78.00	1	S/ 78.00
13	Balde de pvc 20 lts	S/ 25.00	2	S/ 50.00
14	Jgo.d/expandidor y cortatubo de 3/16 a 5/8 -rr-1226	S/ 45.00	1	S/ 45.00
15	Jgo.de mangueras de carga d/tres colores 5' -40360 (1.5 mts.)	S/ 55.00	1	S/ 55.00
16	Destornillador dieléctrico plano y estrella Stanley	S/ 20.00	1	S/ 20.00
17	Extensión eléctrica de 15 mts. aprox.	S/ 69.90	1	S/ 69.90
18	Escuadra 45-600 Stanley 24"	S/ 28.50	1	S/ 28.50
19	Comba metalico con mango de pvc de 4 libras marca truper	S/ 22.00	1	S/ 22.00
TOTAL				S/ 837.20









Figura 28: Costos de Lista herramientas para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 28, muestra los costos anuales de la lista de herramientas de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de herramientas para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 837.20.

Tabla 11:

Herramientas y materiales para en plan de mantenimiento preventivo

LISTA DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves milimétricas y en pulgadas 	<ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves mixtas en pulgadas 
<ul style="list-style-type: none"> Manómetro frigorista 	<ul style="list-style-type: none"> Maleta de herramientas 
<ul style="list-style-type: none"> Juego de Destornilladores Dieléctricos 	<ul style="list-style-type: none"> Destornillador de Golpe de Estrella y Plano 
<ul style="list-style-type: none"> Pinza perimétrica 	<ul style="list-style-type: none"> Escalera 8 pasos tipo plataforma 

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

LISTA DE EQUIPOS DE TRABAJO				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Sopladora de aire con proteccion a tierra	S/ 199.90	1	S/ 199.90
3	Amoladora	S/ 500.00	1	S/ 500.00
4	Taladro percutor	S/ 250.00	1	S/ 250.00
5	Hidrolavadora de alta presion agua fria de uso industrial	S/ 1,399.00	1	S/ 1,399.00
6	Marcador eléctrico	S/ 140.00	1	S/ 140.00
12	Equipo de soldar	S/ 399.00	1	S/ 399.00
13	Bomba d/vacio c/motor 3/4hp	S/ 450.00	1	S/ 450.00
15	Cautin tipo lapiz de 30 watts	S/ 900.00	1	S/ 900.00
17	Escalera de 4 pasos tipo tijera doble acceso	S/ 280.00	1	S/ 280.00
19	Botella de nitrogeno	S/ 1,559.88	1	S/ 1,559.88
TOTAL				S/ 6,077.78

Figura 29: Costos de Lista de equipos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 29, muestra los costos anuales de la lista de equipos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de equipos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 6,077.78.

LISTA DE INSTRUMENTOS DE TRABAJO				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Pinza amperimétrica	S/ 70.00	1	S/ 70.00
2	Termómetro infrarojo digital	S/ 99.00	1	S/ 99.00
3	Megómetro digital	S/ 560.00	1	S/ 560.00
4	Manifold c/3mang, 2 manom r22,r404a,r410a	S/ 50.00	4	S/ 200.00
5	Alineador de poleas laser	S/ 5,230.00	1	S/ 5,230.00
6	Multímetro digital	S/ 110.00	1	S/ 110.00
7	Regulador de nitrogeno de alta 0 - 3000 psi	S/ 370.00	1	S/ 370.00
8	Manómetro frigorífico	S/ 289.00	1	S/ 289.00
TOTAL				S/ 6,928.00

Figura 30: Costos de Lista de instrumentos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 30, muestra los costos anuales de la lista de instrumentos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de instrumentos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 6,928.00.

Paso 8: Elaboración de formatos de mantenimiento

Los formatos son los documentos donde se registran los tiempos, los parámetros, las actividades realizadas, información del equipo, información del proceso a llevarse a cabo, etc. del personal y los equipos para tener un control y seguimiento. A continuación, se muestran algunos de estos formatos que se emplearon en el mantenimiento ver anexo 7.

Paso 9: Elaboración de procedimientos de trabajo de mantenimiento

El procedimiento de trabajo consiste en las labores que se constituyen para realizar el trabajo de mantenimiento antes, durante y después de las acciones correspondientes.

- Proceso de bloqueo y etiquetado

En el plan de mantenimiento se debe considerar el procedimiento de bloqueo y etiquetado de los equipos de aire acondicionado a los cuales se le realizará el mantenimiento porque, esta acción permitirá que se trabaje con mayor seguridad y así evitar accidentes en los trabajadores.

Objetivo

Establecer directrices para la realización de bloqueo y control de energías, a fin reducir la probabilidad de accidentes debido a una energización inesperada, accionamiento o fuga de las energías residuales de la máquina o equipo durante la ejecución de servicios o mantenimiento en máquinas, equipos y procesos, así como durante la instalación, inspección, limpieza, cambios, lubricaciones, reparaciones, montajes o ajustes.

A continuación, se muestra el flujograma del procedimiento que consta de seis pasos para el bloqueo y etiquetado.

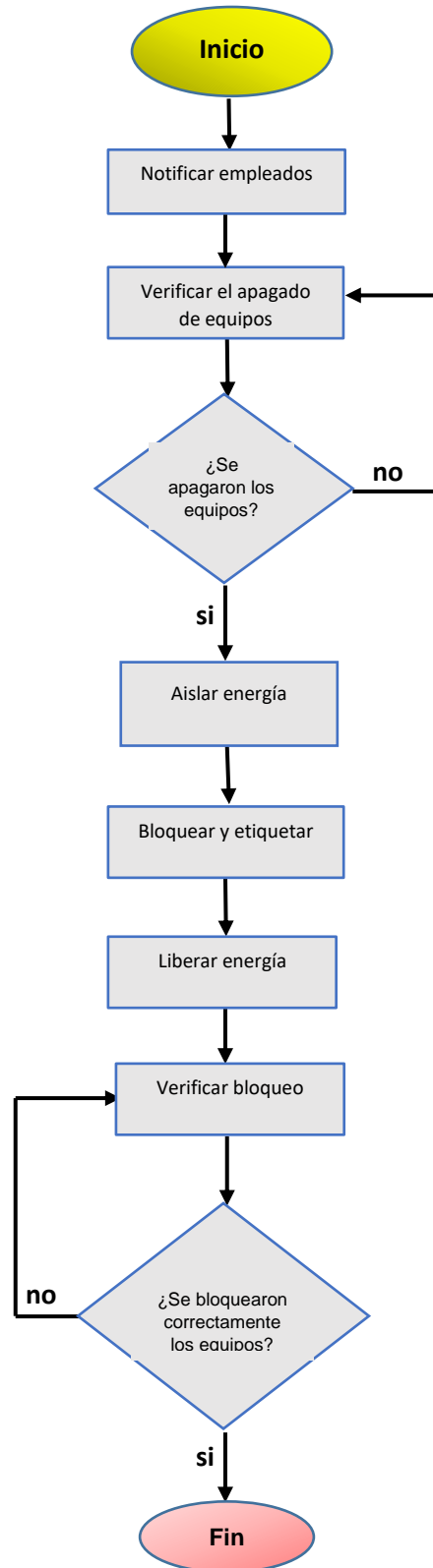


Figura 31: Flujograma del proceso de bloqueo y etiquetado de los equipos

- **Dispositivos de bloqueo**

Es el dispositivo normado y especialmente utilizado para mantener el DAE en la posición segura, previniendo su accionamiento. Debe ser utilizado siempre con una tarjeta. ejemplo: candados, multi bloqueos, cadenas, bloqueo de válvulas y disyuntores.

Los candados autorizados son:

- **NEGRO:** Utilizado por el oficial Bloqueo, en el panel o caja de bloqueo.
- **DORADO:** Utilizado por el ejecutante de Bloqueo en la fuente de energía
- **AZUL:** Utilizado por el oficial de Bloqueo en conjunto con la tarjeta de transferencia para identificar el cese temporal de la actividad.
- **ROJO:** Utilizado por cualquier empleado, contratista o visitante, para el trabamiento de la caja/panel de bloqueo.
- Solamente pueden ser utilizados dispositivos de bloqueo aprobados por el área de seguridad, salud y medio ambiente.
- Los candados y sus respectivas llaves deben ser numerados.

- **Etiquetado**

Es el acto de colocar una etiqueta de señalización propia en el DAE, panel/caja de bloqueo, y que además sea visible y adecuada, facilitando la orientación para que la energía aislada no sea liberada hasta que ocurra el desbloqueo.

Las Tarjetas estandarizadas en la empresa son cuatro:

- **AMARILLA:** Caja de bloqueo/Panel de Bloqueo;
- **BLANCA:** Fuente de energía
- **AZUL:** Transferencia
- **ROJA:** Desbloqueo excepcional

Notas: Siempre los “etiquetados” deben acompañar a la colocación de los candados.



Figura 32: Proceso de etiquetado y bloqueo por los trabajadores

- **Mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado tipo paquete**

Cada uno de estos pasos de mantenimiento preventivo se detallan de la siguiente manera:

Participar en la inducción de 5 min; registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, Inspección de uso de las herramientas.

Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.



Figura 33. Inducción de 5 minutos

El líder de cada grupo coordinara con el jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinara el traslado de las herramientas que se utilizara al punto de trabajo.



Figura 34. Traslado de herramientas

Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área.



Figura 35. Coordinación con los jefes de guardia

Se procede a la desconexión directa de energía:

- Verificación de energía 0 y purga de la residual.
- Realizar el desmontaje del equipo de manera correcta y segura, mínimo entre dos personas.
- El área tiene que quedar despejada”.



Figura 36. Verificación de energía 0

Se procede a la revisión total del equipo: (reemplazar de ser necesario). Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario. Se toma las presiones adecuadas para su buen funcionamiento.

- Se lava a presión el serpentín, se utiliza una hidrolavadora
- Desarmar el equipo para su revisión general, se utiliza desarmadores y llaves posterior limpieza manual del equipo.
- Se procede a la revisión eléctrica y mecánica en el interior del equipo. Visual o mediante megometro o pinza amperimétrica que se encuentre calibrado.
- Se revisarán partes eléctricas del equipo motores, tarjetas, cableado interno, visual o manualmente utilizando los guantes para ver si hay algún defecto.
- Se revisarán partes mecánicas correas, aspas, alavés, etc. Si se encuentran deficientes se realiza el cambio total de la pieza
- Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario (se toman las presiones adecuadas para el buen funcionamiento del equipo). Se coloca la manguera al tanque de gas y posterior al equipo. tiene que estar en perfectas condiciones.
- Se lava el equipo a presión con la hidrolavadora."



Figura 37. Lavado de los equipos

Se procede armar el quipo. Se realiza el montaje y/o colocación en su lugar. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se detalla las observaciones encontradas.

- "Postura / Realizar pausas activas.
- Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras.
- Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva."



Figura 38. Montaje y/o colocación en su lugar de las piezas del equipo

Con cinta platinada se procede a cerrar los bordes. Se realiza la conexión de equipo. Se deja el equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se reporta las observaciones encontradas para programar los planes de acción.

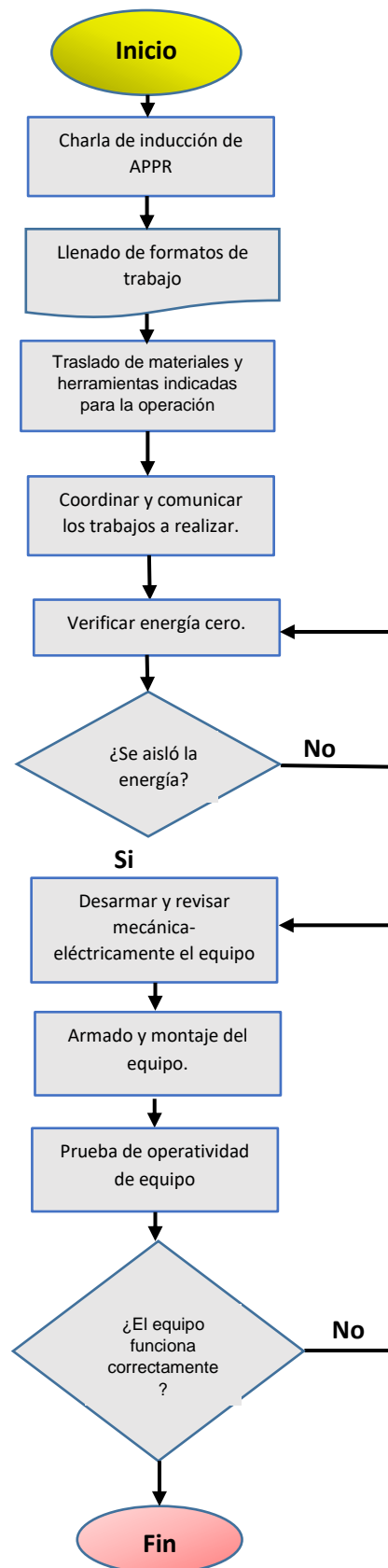


Figura 39: Mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado tipo paquete

- **Inspección, verificación de corriente de equipos de aire acondicionado tipo paquete**

En el caso de las inspecciones, los procedimientos son similares al del mantenimiento, se detalla en el siguiente diagrama:

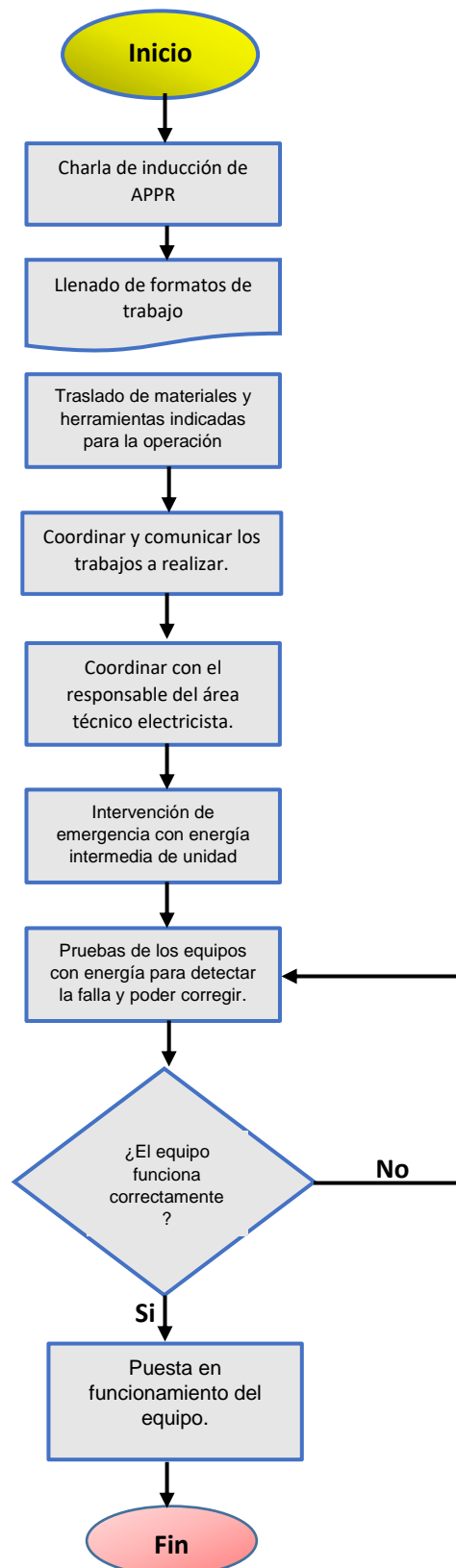


Figura 40: Inspección, verificación de corriente de equipos de aire acondicionado tipo paquete

Participar en la inducción de 5 min, registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, inspección del uso de las herramientas.

Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.

El líder de cada grupo coordinara con el jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinara el traslado de las herramientas que se utilizara al punto de trabajo: 01 caja de herramientas manuales y un letrero de advertencia de trabajo, en caso se tenga el vehículo disponible hacer uso de ella.

Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área.

El solicitante de trabajo tramita si es que amerita el requerimiento del equipo a intervenir. El oficial de bloqueo coordina con el electricista de guardia y/o de área para realizar el trabajo. se procede a:

- Verificación de energía cero y purgar de ser necesario. Retirar las tapas protectoras del equipo.
- Se remueven las partes móviles del equipo para mejorar la visibilidad del trabajo a realizar.
- ✓ Verificar si se amerita retirar algún dispositivo del equipo Split decorativo, Split ducto o paquete.

Intervención de emergencia con energía intermedia de unidad A/A Tipo paquete

Realizar el encendido eléctrico del equipo, desde el termostato del ambiente interior.

Evaluar el funcionamiento inicial de la unidad A/A (Compresores, motor y bastidores.

De encender correctamente el panel eléctrico y mediante pinza Amperimétrica el uso de pinza Amperimétrica.

Verificar el consumo de corriente de trabajo y de la misma forma con el uso del manómetro determinar la presión manométrica de trabajo del circuito de refrigeración

De observar anomalías de los parámetros de funcionamiento se valuará la condición de limpieza del evaporador y condensador. Asimismo, y también determinar la operación correcta de la transmisión mecánica del evaporador

De observar la falta de ajuste del sistema de transmisión mecánica (Fajas de transmisión o bases de anclaje) Coordinar con el supervisor del área y electricista , poder desenergizar el equipo localmente desde el tablero eléctrico y corregir la falla mecánica del equipo en estado de energía cero

De observar suciedad severa en el evaporador y condensador , los cuales estén afectando la operación manométrica del refrigerante. De la misma manera coordinar con y el electricista cortara localmente el fluido eléctrico del equipo, realizar el test de energía cero y proponer condiciones favorables para hacer brevemente el lavado mediante un hidrolavadora, el evaporador y el condensador para eliminar cierto porcentaje del nivel de suciedad del equipo.

De observar la falta de racionamiento del motor Brower y motor ventilador y compresor, a su vez algún componente eléctrico. Se cortará el fluido eléctrico del equipo y revisar el problema hasta detectar el elemento en falla y su posterior corrección, todo se realizará mediante el uso de una pinza Amperimétrica y mego metro.

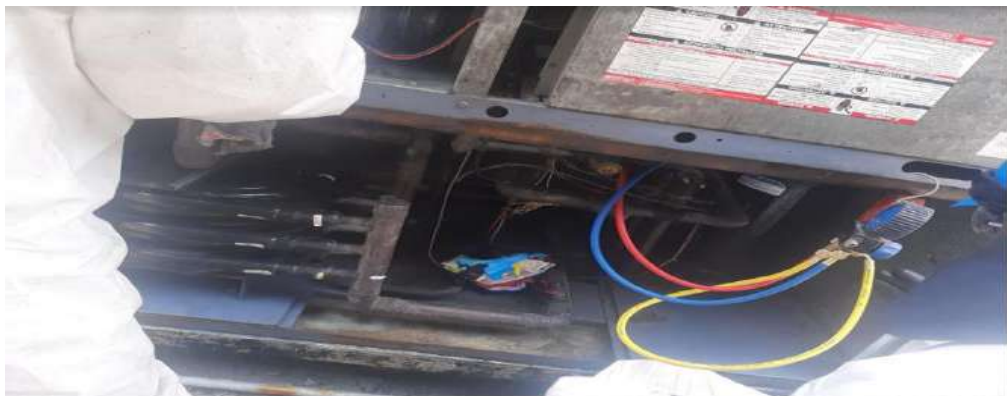


Figura 41. Revisión del sistema eléctrico

De haber corregido estos problemas en el equipo con cierto grado de limpieza se determina la presión manométrica del refrigerante, si se observa falta de carga se realiza la recarga con gas R-22 o R-410 mediante el uso del nanómetro y balón de refrigerante.

De haber estabilizado los parámetros de operación del equipo dentro del rango y posterior se informa al encargado de NEXA solicitando que se programe el mantenimiento preventivo de la unidad de A/A intervenida. Orden y limpieza y retiro de recursos.

Realizar el armado de la unidad condensadora. Así mismo se procede a realizar el monitoreo del equipo ya sea Split decorativo, Split manga o tipo paquete. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad y se reportan las observaciones encontradas para programar los planes de acción futuros.

Realizar la toma de parámetros para la verificación de que el equipo funcione correctamente (Amperaje en líneas, presiones en alta y baja, temperaturas en las tuberías, etc.). Se deja equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo.



Figura 42. Toma de parámetros de los equipos

III. PROGRAMACIÓN

Paso 10: Programación del mantenimiento

El programa de mantenimiento se representa por medio de un cuadro de actividades, la frecuencia de la realización en periodos de tiempo prolongados, los recursos humanos que realizarán las tareas asignadas para el cumplimiento de los objetivos. De acuerdo con los procedimientos se establece un programa.


Las unidades necesitan mantenimiento especializado por parte de las recomendaciones del fabricante; de manera general se requieren inspección y limpieza de los serpentines interior y exterior, requieren de revisión para la adecuada circulación del aire (succión y descarga) una vez al mes y limpieza de las superficies.

A continuación, se muestra en la figura N° 21 los programas de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado anual.

10.1. Dentro del programa de mantenimiento, se realizaron una serie de actividades preventivas que se describen de la siguiente manera:

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
Periodo:	Mensual
Actividad 1:	Limpieza
<ul style="list-style-type: none">• Limpieza exterior del evaporador• Limpieza del serpentín del enfriamiento• Limpieza del contactor del ventilador• Limpieza exterior del condensador• Limpieza de los filtros y/o cambio si fuese necesario• Limpieza del termostato• Limpieza de rejillas	



DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
Periodo:	Bimensual
Actividad 2:	Revisión
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del aceite lubricante-lubricación (de ser necesaria) • Renovación de la grasa en los rodamientos 	


DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
Periodo:	Anual
Actividad 3:	Pintura
<ul style="list-style-type: none"> • Pintar al equipo y soportes con pintura epóxica gris • Inspección general del equipo 	

Figura 43: Descripción del programa de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

- Equipos de protección personal

Lo primero que se debe realizar antes de llevar a cabo el mantenimiento, es contar con los implementos de seguridad acorde al ambiente de trabajo y las actividades a realizar. Aquí se muestra algunos de los Epps para un trabajo seguro.



EPPS NECESARIOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
Nombre	Símbolo	Descripción	Marca	Durabilidad media
Casco plástico tipo Jockey		De material polietileno de alta densidad, provee una alta resistencia contra el impacto vertical. De tipo I. Color blanco. Está diseñado para soportar una tensión de ensayo de 20,000 a 30,000 voltios corriente alterna de 60 voltios.	3M	5 años/ por deterioro
Lentes de seguridad		Diseño liviano con marcos de ventilación indirecta que permiten la circulación del aire. Montura blanda para aislamiento del ojo y una en la parte superior para absorción de impactos. Lente de policarbonato y marcos de polipropileno. Banda textil elástico. Amplio espacio que permite utilizar la gafa en conjunto con los anteojos de medida.	MSA	6 meses/ por deterioro
Zapatos de seguridad		Resistencia al desgaste, antideslizante y dieléctrico con puntera acrílica.		6 meses
Respirador		Material de pieza facial de silicona y plástico resistente al calor. El diseño de la válvula facilita la respiración y ayuda a reducir el calor y la humedad dentro la pieza facial.	3M	1 año/ por deterioro
Orejas		Contiene almohadillas rellenas de goma-espuma que proporcionan comodidad y sellado. El protector auditivo HPE acoplado al casco se adopta a distintos visores y tiene un diseño con resortes que permite reducir la presión proporcionando así un alto nivel de confort. NRR=23dB.	3M	1 año/ por deterioro
Guantes de badana		Guantes resistentes de bandala	TEGSE G	1 mes por deterioro
Guantes dieléctricos		Para trabajos en caliente (contacto con equipos energizados)	REGEL TEX	1 mes por deterioro
Traje para salpicadura		Traje descartable impermeable a líquidos y partículas. También resistentes productos químicos de baja peligrosidad y peligros biológicos. Capucha.	3M	Diario
Uniforme con cinta		Confeccionado en tela Drill Anti flama de 9 onzas, CAROLINA PROTECT TWILL 300, 100% Algodón de Alta Tenacidad. COLOR AZUL, Protección contra FUEGO	ARCT EX	6 meses

Figura 44: Epps necesarios para las actividades de mantenimiento preventivo.

LISTA EPP's Y UNIFORMES				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Lentes luna clara carrera google	S/ 79.00	4	S/ 316.00
2	Respirador siliconado	S/ 180.00	4	S/ 720.00
3	Filtro p100 para respirador 2097 3m x par	S/ 65.00	4	S/ 260.00
4	Filtro en cartucho para gases n° 6003 paquete x 2 und	S/ 39.00	4	S/ 156.00
5	Orejas 3m	S/ 75.00	4	S/ 300.00
6	Polo con cinta reflectiva	S/ 55.00	8	S/ 440.00
7	Camisa drill	S/ 35.00	4	S/ 140.00
8	Pantalón drill	S/ 38.00	8	S/ 304.00
9	Barbiquejo elastico con mentonera plastica y clips en los extremos	S/ 2.00	8	S/ 16.00
10	Guantes de vadana	S/ 17.00	8	S/ 136.00
11	Careta de soldador adapatable a casco	S/ 16.00	1	S/ 16.00
12	Casco 6 puntos suspension ratchet azul	S/ 120.00	4	S/ 480.00
13	Guantes nitrilo #3131/ caja 100 unid.	S/ 61.00	1	S/ 61.00
14	Zapatos seguridad dielectrico p.baquelita # 42	S/ 150.00	4	S/ 600.00
15	Traje tivex para productos quimicos	S/ 55.00	9	S/ 495.00
16	Guantes dielectricos regeltex clase 00	S/ 139.00	2	S/ 278.00
17	Extintor CO2 20 libras	S/ 249.00	1	S/ 249.00
TOTAL				S/ 4,967.00

Figura 45: Costos de Lista de EPP's y Uniformes para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 45, muestra los costos anuales de la lista de EPP's y uniformes para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de EPP's para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 4,967.00.

En los siguientes párrafos se determinan los costes operativos de los equipos de aire acondicionado.

EQUIPO	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	COSTO MENSUAL
Ingeniero residente	9	S/ 3,000.00
Ingeniero de seguridad	9	S/ 3,000.00
Asistente administrativa	9	S/ 1,300.00
Supervisor operativo	9	S/ 2,000.00
Técnico electricista	9	S/ 1,500.00
Técnico mecánico	9	S/ 1,500.00
Técnico HVAC	9	S/ 1,500.00
TOTAL		S/ 13,800.00

Figura 46: Costo de mano de obra

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 46, muestra el costo mensual de la mano de obra requerida para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de mano de obra para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 114,000.00.

En tanto, el costo de mantenimiento mensual involucra al costo de la mano de obra como se observa en la figura N° 38, los costes de repuestos, herramientas, equipos e instrumentos determinados y el costo de Epps y capacitación. Se muestra lo siguiente.

COSTO ANUAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Mano de obra	S/114,000.00
Repuestos y consumibles	S/56,655.04
Herramientas de trabajo	S/837.20
Equipos de trabajo	S/6,077.78
Instrumentos de trabajo	S/6,928.00
Epps y uniformes	S/4,967.00
Capacitación	S/2,500.00
Total	S/191,965.02

Figura 47: Costo anual del plan de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 47 se observa el costo anual del plan de mantenimiento preventivo que equivale a \$ 53, 521 dólares americanos.

Luego del recojo de información después de la manipulación de la variable independiente, se vuelve a realizar el calcula de las variables a estudiar para ver su repercusión y mejora en la variable dependiente con las mismas fórmulas anteriores.

Tabla 12.

Post test de la disponibilidad, Setiembre a noviembre.

SEMANA	VARIABLE DEPENDIENTE-DISPONIBILIDAD		
	TMEF	TPMR	DISPONIBILIDAD
1	302.60	9.40	96.99%
2	379.50	10.50	97.31%
3	250.33	9.67	96.28%
4	304.00	8.00	97.44%
5	381.88	8.13	97.92%
6	304.80	7.20	97.69%
7	303.80	8.20	97.37%
8	384.00	6.00	98.46%
9	382.50	7.50	98.08%
10	382.00	8.00	97.95%
11	304.60	7.40	97.63%
12	384.25	5.75	98.53%
PROMEDIO			97.64%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.

Post test de la confiabilidad, Setiembre a noviembre.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-CONFIABILIDAD			
SEMANA	HORAS TOTALES DE OPERACIÓN	Nº DE FALLAS	TMEF
1	1,513.00	5.00	302.60
2	1,518.00	4.00	379.50
3	1,502.00	6.00	250.33
4	1,520.00	5.00	304.00
5	1,527.50	4.00	381.88
6	1,524.00	5.00	304.80
7	1,519.00	5.00	303.80
8	1,536.00	4.00	384.00
9	1,530.00	4.00	382.50
10	1,528.00	4.00	382.00
11	1,523.00	5.00	304.60
12	1,537.00	4.00	384.25
PROMEDIO			338.69

Fuente: Elaboración propia

Para la confiabilidad de los equipos después de la manipulación se vuelve a realizar una segunda medición, mismo proceso que la primera medición, a través de la formula mencionada.

Tabla 14.

Post test de la mantenibilidad, Setiembre a noviembre.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-MANTENIBILIDAD			
SEMANA	Nº DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE FALLAS	TPMR
1	5.00	47.00	9.40
2	4.00	42.00	10.50
3	6.00	58.00	9.67
4	5.00	40.00	8.00
5	4.00	32.50	8.13
6	5.00	36.00	7.20
7	5.00	41.00	8.20
8	4.00	24.00	6.00
9	4.00	30.00	7.50
10	4.00	32.00	8.00
11	5.00	37.00	7.40
12	4.00	23.00	5.75
PROMEDIO			7.98

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la mantenibilidad de los equipos después de la manipulación se vuelve a realizar una segunda medición, mismo proceso que la primera medición, en esta dimensión se busca disminuir los índices para obtener la mejora.

Estadística descriptiva

Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Para obtener información respecto a la variable y su posterior evaluación, se trabajó en base a la planificación y programación respectiva con sus indicadores. Esta información se obtiene durante el tratamiento de la variable que se ubica a más detalle en el anexo 9.

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

La información que se procesó para calcular la disponibilidad se rescata a partir del registro del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparar de los equipos de aire acondicionado. Se debe tener en cuenta un escenario del antes y después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo para tener un mejor análisis descriptivo de la variable y dimensiones. En los párrafos continuos se muestra la siguiente:

Tabla 15.

Análisis comparativo de la disponibilidad de equipos.

SEMANA	Disponibilidad antes	Disponibilidad después
1	93.14%	96.99%
2	88.53%	97.31%
3	89.90%	96.28%
4	94.39%	97.44%
5	90.71%	97.92%
6	90.42%	97.69%
7	93.08%	97.37%
8	88.91%	98.46%
9	90.80%	98.08%
10	89.33%	97.95%
11	92.92%	97.63%
12	93.37%	98.53%
PROMEDIO	91.13%	97.43%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 3 comparativa se puede evidenciar los datos que corresponden a la variable dependiente, es decir a la disponibilidad de los equipos. Notoriamente, se muestra un aumento del indicador disponibilidad en un promedio de 6.3% después (post test) con respecto a los datos de la disponibilidad anterior (pretest). En la figura 8 se demuestra gráficamente la mejora.

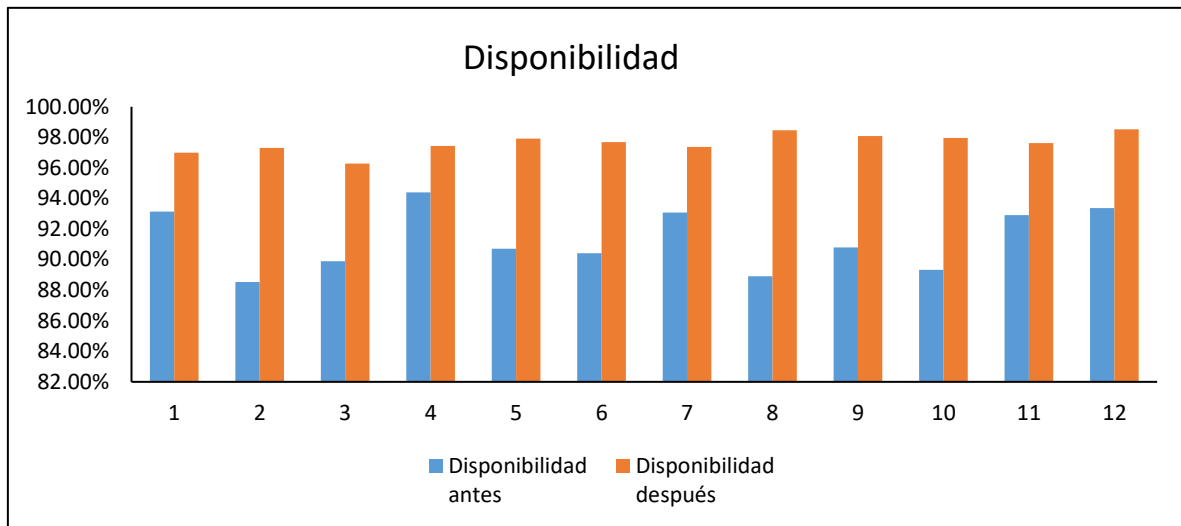


Figura 48. Disponibilidad pretest y post test

Dimensión 1: Confiabilidad

Es importante tener presente que los fallos en los equipos de aire acondicionado también impactan en la confiabilidad de estos, debido a que la confiabilidad se caracteriza por el TMEF. A continuación, se muestran la confiabilidad medida del antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 16.

Análisis comparativo de la confiabilidad.

SEMANA	Confiabilidad antes	Confiabilidad después
1	290.60	302.60
2	172.63	379.50
3	200.36	250.33
4	245.42	304.00
5	176.88	381.88
6	141.05	304.80
7	290.40	303.80
8	346.75	384.00
9	202.36	382.50
10	154.83	382.00
11	289.90	304.60
12	242.75	384.25
PROMEDIO	233.01	326.36

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 4 comparativa se puede evidenciar los datos que corresponden a la dimensión de la variable dependiente, es decir a la confiabilidad de los equipos. Notoriamente, se muestra una tendencia del aumento del indicador confiabilidad en promedio de 93.35 horas después (post test) con respecto a los datos de la confiabilidad anterior (pretest). En la figura 9 se demuestra gráficamente la mejora.

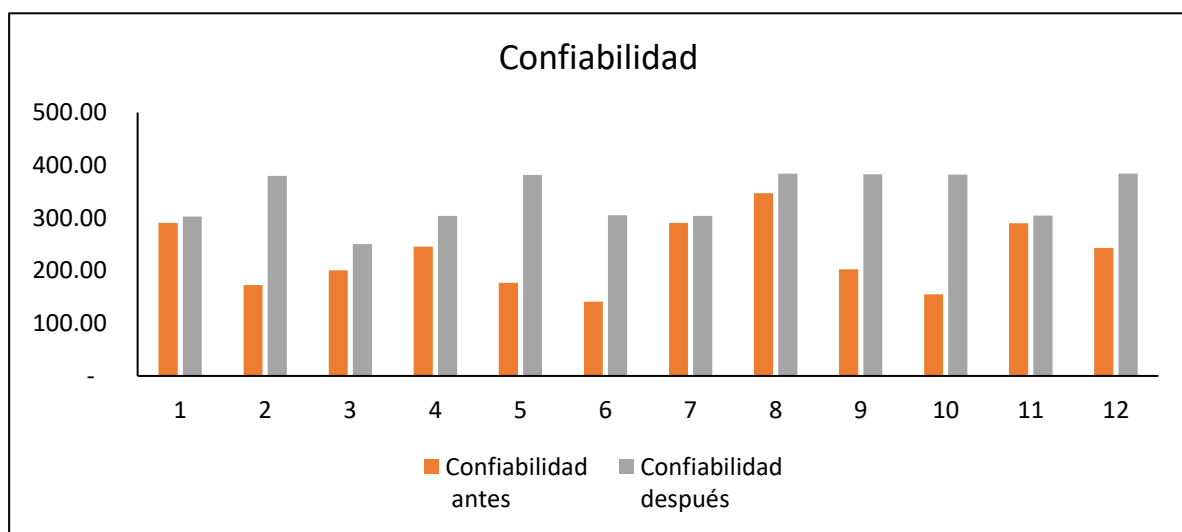


Figura 49. Confiabilidad pretest y post test

Dimensión 2: Mantenibilidad

Las fallas presentadas en los equipos hacen que el tiempo de reparación de estos sea mucho mayor a lo planeado, ocasiona la realización de mantenimiento correctivo sin aviso y todo ello impacta en la mantenibilidad que se caracteriza por el TPMR. A continuación, se muestran la mantenibilidad medida del antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo

Tabla 17.

Análisis comparativo de la mantenibilidad.

SEMANA	Mantenibilidad antes	Mantenibilidad después
1	21.40	9.40
2	22.38	10.50
3	22.50	9.67
4	14.58	8.00
5	18.13	8.13
6	14.95	7.20
7	21.60	8.20
8	43.25	6.00
9	20.50	7.50
10	18.50	8.00
11	22.10	7.40
12	17.25	5.75
PROMEDIO	22.35	8.39

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 5 comparativa se puede evidenciar los datos que corresponden a la dimensión de la variable dependiente, es decir a la mantenibilidad de los equipos. Notoriamente, se muestra una tendencia de la disminución del indicador mantenibilidad en promedio de 13.96 horas después (post test) con respecto a los datos de la mantenibilidad anterior (pretest). En la figura 10 se demuestra gráficamente la mejora.

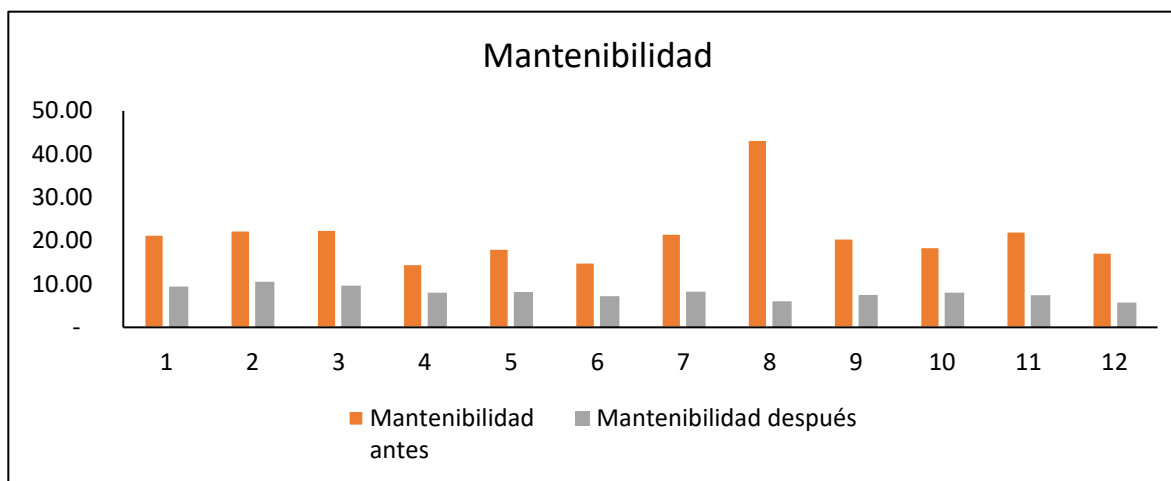


Figura 50. Mantenibilidad pretest y post test

Estadística inferencial

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad tiene por objetivo demostrar si la muestra presenta una distribución normal o no normal, paramétrica o no paramétrica; asimismo, se debe interpretar en base a los resultados del SPSS, que estadística es la más adecuada a utilizar en cada situación.

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

Tabla 18.

Prueba de normalidad de la disponibilidad de equipos.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad antes	,210	12	,152	,917	12	,265
Disponibilidad después	,133	12	,200	,961	12	,794

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se muestra que el valor de la prueba Shapiro-Wilk de la significancia de la disponibilidad anterior resulta $(0.265) > 0.05$ y el después $(0.794) > 0.05$, por tanto, se llega a la conclusión de que los datos

muestrales presentan una distribución normal y por ende son paramétricos y para la validación de la hipótesis correspondiente se hará el uso del estadígrafo (prueba estadística) T-Student.

Dimensión 1: Confiabilidad

Tabla 19.

Prueba de normalidad de la confiabilidad de equipos.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad antes	,162	12	,200	,942	12	,523
Confiabilidad después	,303	12	,003	,782	12	,006

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se muestra que el valor de la prueba Shapiro-Wilk de la significancia de la confiabilidad anterior resulta $(0.523) > 0.05$ y el después $(0.006) < 0.05$, por tanto, se llega a la conclusión de que los datos muestrales presentan una distribución no normal y por ende son no paramétricos y para la validación de la hipótesis correspondiente se hará uso del estadígrafo (prueba estadística) Wilcoxon.

Dimensión 2: Mantenibilidad

Tabla 20.

Prueba de normalidad de la mantenibilidad de equipos.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mantenibilidad antes	,359	12	,000	,684	12	,001
Mantenibilidad después	,187	12	,200	,957	12	,743

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se muestra que el valor de la prueba Shapiro-Wilk de la significancia de la confiabilidad anterior resulta $(0.001) < 0.05$ y el después $(0.743) > 0.05$, por tanto, se llega a la conclusión de que los datos muestrales presentan una distribución no normal y por ende son no paramétricos y

para la validación de la hipótesis correspondiente se hará uso del estadígrafo (prueba estadística) Wilcoxon.

Conclusiones de la prueba de normalidad

Tabla 21.

Estadígrafos.

	Sig	Antes	Después	Conclusión	Estadígrafo
Disponibilidad	Sig > 0.05	SI	SI	Paramétrico	T-Student
Confiabilidad	Sig > 0.05	SI	NO	No paramétrico	Wilcoxon
Mantenibilidad	Sig > 0.05	NO	SI	No paramétrico	Wilcoxon

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se puede observar que todos los datos analizados no presentan una misma distribución, por ende, se aplica la prueba estadística T-Student y Wilcoxon en la variable y dimensiones ya explicadas con anterioridad.

Contrastación de hipótesis

Hipótesis general

Ho: El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Hi: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

La regla de decisión consistió en lo siguiente:

Ho: $\mu_{Pantes} \geq \mu_{Pdespués}$

Ha: $\mu_{Pantes} < \mu_{Pdespués}$

Si el pvalor es ≤ 0.05 , en tal caso se rechaza la Ho.

Si el pvalor es > 0.05 , en tal caso se acepta la Ho.

Tabla 22.

Comparación de la hipótesis general según estadísticas de muestras emparejadas.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Disponibilidad antes	,912901	12	,0199118	,0057480
	Disponibilidad después	,976362	12	,0062658	,0018088

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: De acuerdo con la estadística de muestras emparejadas que resulta para la contrastación de la hipótesis, se muestra que el promedio de la disponibilidad anterior (91.2901) es menor que el promedio de la disponibilidad posterior (97,6362), a causa de ello, se acepta la hipótesis alterna y se determina que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Tabla 23.

Prueba T-Student de la disponibilidad de equipos.

		Media	Desv. Desviación n	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Disponibilidad antes-								
	Disponibilidad después	-,0634616	,0211696	,0061111	-,0769121	-,0500111	-10,385	11	,000

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se observa que el valor Sig. (bilateral) de la disponibilidad usando la prueba T-Student, es igual a 0.000, por tanto, al tomar en cuenta la regla de decisión anterior; la hipótesis general es aceptada.

Hipótesis específica 1.

Ho: El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Hi: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

La regla de decisión consistió en lo siguiente:

Ho: $\mu_{\text{Pantes}} \geq \mu_{\text{Pdespués}}$

Ha: $\mu_{\text{Pantes}} < \mu_{\text{Pdespués}}$

Si el pvalor es ≤ 0.05 , en tal caso se rechaza la Ho.

Si el pvalor es > 0.05 , en tal caso se acepta la Ho

Tabla 24.

Comparación de la hipótesis específica 1 según estadísticas de muestras emparejadas.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Confiabilidad antes	229,4929	12	64,846211	18,71949
	Confiabilidad después	338,6882	12	47,95352	13,84299

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: De acuerdo con la estadística de muestras emparejadas que resulta para la contrastación de la hipótesis, se muestra que el promedio de la confiabilidad anterior (229.4929) es menor que el promedio de la confiabilidad posterior (338.6882), a causa de ello, se acepta la hipótesis alterna y se determina que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Tabla 25.

Prueba Wilcoxon referente a la confiabilidad.

	Confiabilidad después – Confiabilidad antes
Z	-3,059b
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se observa que el valor Sig. (bilateral) de la confiabilidad usando la prueba Wilcoxon, es igual a 0.002, por tanto, al tomar en cuenta la regla de decisión anterior; la hipótesis específica 1 es aceptada.

Hipótesis específica 2.

Ho: El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Hi: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

La regla de decisión consistió en lo siguiente:

Ho: $\mu_{Pantes} \geq \mu_{Pdespués}$

Ha: $\mu_{Pantes} < \mu_{Pdespués}$

Si el pvalor es ≤ 0.05 , en tal caso se rechaza la Ho.

Si el pvalor es > 0.05 , en tal caso se acepta la Ho

Tabla 26.

Comparación de la hipótesis específica 2 según estadísticas de muestras emparejadas.

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Mantenibilidad antes	21,4278	12	7,41829	2,14148
Mantenibilidad después	7,9785	12	1,39318	,40218

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: De acuerdo con la estadística de muestras emparejadas que resulta para la contrastación de la hipótesis, se muestra que el promedio de la mantenibilidad anterior (21.4278) es mayor que el promedio de la mantenibilidad posterior (7,9785), a causa de ello, se acepta la hipótesis alterna y se determina que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Tabla 27.

Prueba Wilcoxon referente a la mantenibilidad.

Z	Mantenibilidad después – Mantenibilidad antes
	-3,059b
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se observa que el valor Sig. (bilateral) de la confiabilidad usando la prueba Wilcoxon, es igual a 0.002, por tanto, al tomar en cuenta la regla de decisión anterior; la hipótesis específica 2 es aceptada.

V. DISCUSIÓN

En el capítulo cinco del informe de investigación, se realiza un análisis comparativo entre las bases teóricas de los autores y literatura con relación a los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas aplicadas en los estudios previos.

Los resultados a los que se llegaron en el estudio enfocado en la mejora de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, fue que en una primera evaluación se obtuvo el 91.13% (pretest) y en una segunda valuación luego de realizar el tratamiento de la variable independiente que consistió en aplicar el plan de mantenimiento preventivo, realizar formatos de control, procedimientos de trabajo seguro, minimizar los mantenimientos correctivos, entre otros, se consiguió un índice del 97.43% en un periodo de 12 semanas en ambos casos; es así que, en promedio se pudo incrementar la disponibilidad en un 6.3%; este dato se asemeja bastante a la investigación de Buelvas y Martínez (2014) que tuvo como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos tractocamiones, con el fin de mejorar el desempeño operacional, salvaguardando la seguridad y reducir el impacto ambiental. Se crearon formatos de orden de servicio para asegurar la operatividad del plan de mantenimiento preventivo, una lista de chequeos, entre otros, para conseguir un trabajo controlado y sistemático de mes a mes.

Del mismo modo con la investigación de Alba y Chinchay (2019) que analizaron los equipos biomédicos, tuvo como objetivo determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de la empresa en estudio, la población y la muestra estuvieron conformada por 20 equipos biomédicos. Para la recolección de datos se usaron la observación directa, las fichas técnicas, la programación de actividades, revisión de los equipos conforme a las órdenes de trabajo y control de registro de mantenimientos respectivo a los años anteriores. El plan de mantenimiento preventivo mejoró la disponibilidad de los equipos alcanzando un 94% de confiabilidad como resultado final. Esto quiere decir, la disponibilidad de los equipos aumentó un 8%, en mejora de la calidad de

atención hacia los pacientes en servicios y mayor confianza de los trabajadores en el hospital de la investigación.

A diferencia de Limache a través de su investigación de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC, cuyo objetivo principal fue la proposición de procedimientos de mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de la empresa en estudio. La metodología utilizada fue una investigación básica, nivel descriptivo-explicativo, con diseño descriptivo causal comparativa; donde la población estuvo conformada por 7 equipos trackles de la Minera Volcán-Unidad Alpamarca y la muestra fue 2 equipos trackles. Los datos fueron recogidos por fichas de trabajo, de observación y de registro. Se concluyó que con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo se consiguió el incremento de la disponibilidad de los equipos en un 12.3%.

En los resultados obtenidos por Ypanqué, Chucuya, y Paredes (2017), se hizo énfasis en las maquinarias de grúas de 50 toneladas. Esta investigación tuvo como objetivo el aumento de los índices de confiabilidad y disponibilidad de las maquinarias; para ello, hicieron el uso de la metodología de diseño preexperimental y un nivel descriptivo-explicativo, la información necesaria para el procesamiento de datos fue desarrollada gracias al reporte de fallas y al análisis de criticidad, realizaron una programación del mantenimiento preventivo y concluyeron que la confiabilidad obtuvo una mejora en promedio de 3.26%; es similar a los estudios de Cruz, Osorio, y Salguero (2019) que sus investigaciones estaban orientados a diseñar y proponer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en confiabilidad y disponibilidad. La metodología utilizada fue de diseño no experimental. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los indicadores medios de mantenimiento de las máquinas circulares en la etapa inicial fueron: fiabilidad 13,62% y disponibilidad 82,03% y al momento de aplicar el plan de mantenimiento preventivo se obtuvo que los indicadores de mantenimiento en estado de mejora fueron 98.5% disponibilidad y confiabilidad 85.5%.

Para Barahona (2015), que determinaron los procedimientos necesarios para establecer la manera de cómo se debe efectuar un plan de mantenimiento conveniente, para alcanzar la disponibilidad y confiabilidad que posibiliten conservar una adecuada función del horno en buenas condiciones; la implantación del plan preventivo posibilitará encontrar las deficiencias en el funcionamiento del proceso de incineración para optimizar la calidad del proceso productivo. Así mismo, permitirá mantener los equipos bajo las condiciones adecuadas para un buen funcionamiento y se cumplan con las normas de calidad, seguridad y medio ambiente cerciorándose de obtener una disponibilidad y confiabilidad adecuadas. quienes acotaron que la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, además de mejorar los indicadores ya mencionados, permitirán descubrir algunas deficiencias existentes que afectan a la operatividad de los equipos, garantizar la vida útil y calidad en los procesos de producción, los cuales son clave para cumplir los objetivos organizacionales del área de mantenimiento (Renovetec, 2013).

En los resultados obtenidos por de Espinoza (2018), tesis que se caracterizó por tener una población en la sala de compresores en una empresa que elabora envases de vidrio, que tuvo una metodología el diseño cuasiexperimental y la mantenibilidad se redujo en 1.3 horas del tiempo de reparación a diferencia de nuestra investigación que tuvimos una reducción en promedio de 13.96 horas, porque las horas de inoperatividad se redujeron considerablemente; la metodología empleada en la investigación fue de tipo aplicada, de diseño preexperimental y enfoque cuantitativo basándose en la metodología de investigación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), coincide con la investigación de Buelvas y Martínez (2014); que tuvo como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos tractocamiones, con el fin de mejorar el desempeño operacional, salvaguardando la seguridad y reducir el impacto ambiental. La investigación fue que se crearon formatos de orden de servicio para asegurar la operatividad del plan de mantenimiento preventivo, una lista de chequeos, entre otros, para conseguir un trabajo controlado y sistemático de mes a mes. En consecuencia, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la mantenibilidad de los equipos.

Al igual que Romero (2017), en su trabajo que tuvo como enfoque de ordenar, incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional, y así evitar paros innecesarios por fallas y consecuentemente evitar pérdidas. La metodología utilizada fue tipo aplicada. Se concluye que al elaborar un listado del inventario actualizado y ordenado, se identificaron un total de 24 máquinas y / o equipos, todos ellos con sus códigos designados que facilitarán su ubicación, así como su referencia en las órdenes de mantenimiento. cómo permitir un registro histórico de intervenciones y fracasos. Asimismo, los indicadores de mantenimiento inicial obtenidos a través de la evaluación son bajos, obteniendo un promedio de los indicadores de disponibilidad de la máquina del 52,60%, confiabilidad del 59,54%, mantenibilidad del 77,20%, esto debido a la falta de un plan o programa de mantenimiento preventivo.

En todas las investigaciones que se realizaron y se tomaron como antecedentes de la investigación, tuvieron una metodología semejante ya que tenían un tipo de investigación aplicada porque se iban a enfocar en resolver los problemas existentes en el área correspondiente por un método experimental de preprueba y post prueba, tuvieron el nivel descriptivo y explicativo porque se encargaban de describir toda la realidad problemática y buscar la causa y efecto del estudio. Así mismo, el enfoque de las investigaciones se centró en cuantitativo porque por medio de ello se lograba medir las variables y dimensiones con apoyo de los instrumentos de medición elaborados de acuerdo con las necesidades correspondientes. En cuanto a la población, se tuvo a los equipos de aire acondicionado a diferencia de los demás, las otras investigaciones tuvieron como población a un área en específico, mientras que los otros a los montacargas; todos buscaban resolver el problema con la aplicación del plan de mantenimiento y realizando un cronograma de actividades para su cumplimiento.

VI. CONCLUSIONES

En el sexto capítulo del informe de investigación, se determinan las conclusiones de todo el trabajo, que parte a raíz de la presentación del objetivo general y específicos del capítulo primero y estos son aclarados y hallados en los resultados del capítulo 4. Por lo que se responderán de una forma clara y sencilla en los siguientes párrafos.

1. Se concluye en consideración al objetivo general que, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020. Este dato cuantitativo se refleja en la tabla 10 donde se determina el aumento de la disponibilidad en promedio de un 6.3% comparación del análisis anterior. Por tanto, este resultado está respaldado de acuerdo con la significancia inferida de una estimación estadística $0,000 < 0.05$, lo que hace evidente la influencia relevante del cambio luego de realizar la mejora.

2. Se concluye con respecto al objetivo específico 1 que, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020. Este dato cuantitativo se refleja en la tabla donde se determina el aumento en promedio de la confiabilidad de un 93.35 comparación del análisis anterior. Por tanto, este resultado está respaldado de acuerdo con la significancia inferida de una estimación estadística $0,002 < 0.05$, lo que hace evidente la influencia relevante del cambio luego de realizar la mejora.

3. Se concluye con respecto al objetivo específico 2 que, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020. Este dato cuantitativo se refleja en la tabla donde se determina una disminución en promedio de la mantenibilidad de un 13.96 comparación del análisis anterior. Por tanto, este resultado está respaldado de acuerdo con la significancia inferida en una estimación estadística $0,002 < 0.05$, lo que hace evidente la influencia relevante del cambio luego de realizar la mejora.

VII. RECOMENDACIONES

En el último capítulo del informe de investigación, se redactan las recomendaciones dirigidas a la misma empresa y a los lectores, en base a los obstáculos encontrados en el trayecto de la búsqueda de información, desarrollo, para una mejora continua.

1. De forma general en el informe de investigación, se recomienda a la dirección del área de mantenimiento el empleo del plan de mantenimiento preventivo propuesto, debido a que al mantener un promedio mínimo del 95% de la disponibilidad en este caso, conlleva a que haya una disminución de los costes por mantenimiento correctivo, la seguridad de las personas se garantice y sobre todo que el equipo tenga una mejor vida útil y la producción de la empresa aumente considerablemente al no presentarse fallas no planificadas.

2. Se recomienda al jefe de mantenimiento, que se debe realizar la verificación y actualización del plan de mantenimiento preventivo con un tiempo mínimo de 6 meses, de acuerdo con las necesidades requeridas en el proceso para su mejora continua. Asimismo, se recomienda hacer el seguimiento mensual de los indicadores dispuestos en la investigación para llevar un control y garantizar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo.

3. Se recomienda a los futuros investigadores, que para hacer eficiente el manejo de la información resultante del plan de mantenimiento preventivo y se mantenga segura, se sugiere hacer uso de un software asistido por ordenador que se adapte a las exigencias y las necesidades de la empresa para optimizar los tiempos del proceso. Asimismo, sería provechoso profundizar el análisis financiero para conocer el mayor impacto de contar con un plan de mantenimiento en relación con los costos generales involucrados de la empresa y proponer nuevas estrategias de mejora.

REFERENCIAS

AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS, 2018. Exportaciones metalúrgicas de Perú se expanden 17% y alcanzan los US\$1.038M. *América economía* [en línea]. 8 febrero 2018. Disponible en: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/exportaciones-metalurgicas-de-peru-se-expanden-17-y-alcanzan-los-us1038m>.

ALAVEDRA, C., GASTELU, Y., MÉNDEZ, G., MINAYA, C., PINEDA, B., PRIETO, K. y MORENO, C., 2016. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería industrial* [en línea], no. 34, pp. 11-26. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337450992001.pdf>.

ALBA, F. y CHINCHAY, W., 2019. *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos - unidad cuidados intensivos Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2018*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.

BARAHONA, C., 2015. *Propuesta para implementar un plan de mantenimiento preventivo de un horno de incineración* [en línea]. S.I.: Universidad ECCI. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/187>.

BARRERA, S., 2015. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.) en la EDAR de Nules-Vilavella*. S.I.: Universidad Jaime I.

BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación*. 3 ed. Colombia: Pearson Educación.

BORREGO, S., 2008. Estadística descriptiva e inferencial. *I. y. educativas* [en línea], Disponible en:

https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_13/SILVIA_BORREGO_2.pdf.

BUELVAS, C. y MARTINEZ, K., 2014. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L* [en línea]. S.I.: Universidad autónoma del Caribe. Disponible en:

<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC>

1144.pdf?sequence=1.

CARRASCO, S., 2009. *Metodología de la investigación científica*. Perú: San Marcos.

CATAÑEDA, L., 2017. *Plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 55000 para mejorar la disponibilidad de las máquinas y equipos de la empresa metalmecánica Maz Ingenieros contratistas S.A.C* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23052/castañeda_rl.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CHANG, E., 2008. *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler* [en línea]. S.I.: Universidad peruana de ciencias aplicadas. Disponible en:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273470/EChang.pdf?sequence=2>.

CRUZ, J., OSORIO, J. y SALGUERO, J., 2019. *Formulación de programa de mantenimiento preventivo de sistema fotovoltaico para empresa de industria textil de El Salvador* [en línea]. S.I.: Universidad Don Bosto. Disponible en: <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/handle/11715/1501>.

DEPARTMENT, C.E.R., 2018. Taking stock of global metal sector trends and outlook. *Coface Economic Publication* [en línea], pp. 2-11. Disponible en: <https://www.coface.es/actualidad-economica-financiera/noticias-economicas/sector-metalurgia-mundo-aumenta-precio-2018>.

DOUCE, E., 2014. *La productividad en el mantenimiento industrial* [en línea]. 3 ed. México: Patria. Disponible en:

https://www.academia.edu/38584763/03_ED_DOUCEN_VILLANUEVA_ENRIQUE_LA_PRODUCCTIVIDAD_EN_EL_MANTENIMIENTO_INDUSTRIAL_pdf.

ESPINOZA, C., 2014. *Metodología de la investigación tecnológica*. 2 ed.

Huancayo:s.n.

ESPINOZA, J, 2018. *Aplicación de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la sala de compresores en la empresa Envases de Vidrio S.A.C.*, 2018 [en línea]. S.l.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41272/ESPINOZA_BF..pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ESPINOZA, M, 2018. *Mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los buses de la empresa de transporte Allin Group Javier Prado S.A concesionaria de los corredores complementarios de la municipalidad de Lima* [en línea]. S.l.: Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en: http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1697/1/Marco Espinoza_Trabajo de Suficiencia Profesional_Titulo Profesional_2018.pdf.

FERNANDEZ, L., 2020. Impacto comercial en la industria metalúrgica por mercado en 2020. *Statista* [en línea], Disponible en:

<https://es.statista.com/estadisticas/1105006/impacto-economico-del-covid-19-en-la-industria-metalurgica/>.

FRANCO, J., 2014. *Prácticas de refrigeración y aire acondicionado*. España: Reverté.

FRESNO, C., 2019. *Metodología de la investigación*. Argentina: El Cid editor.

GARCÍA, S., 2010. *Organización y gestión integral del mantenimiento* [en línea]. Madrid: Díaz de Santos. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=PUovBdLioMC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjx2Nif2PDrAhXvHLkGHShdAMMQ6AEwA3oECAQQA#v=onepage&q=mantenimiento&f=false>.

GARCÍA, S., 2012. *Manual práctico de ingeniería de mantenimiento* [en línea]. Madrid: Renovetec. Disponible en: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>.

GARCÍA, S., [sin fecha]. Ingeniería del mantenimiento. *Renovetec* [en línea].

Disponible en: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/elaboracion-del-plan-de-mantenimiento/8-objetivos-de-mantenimiento>.

GASCA, M., CAMARGO, L. y MEDINA, B., 2017. Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Información tecnológica* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 111-124. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art14.pdf>.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2014. *Metodología de la investigación*. 6 ed. México: Mc Graw Hill Education.

HERNANDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* [en línea]. México: Mc Graw Hill Education. Disponible en: <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>.

LIMACHE, E., 2018. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC. en la Unidad Alpamarca* [en línea]. S.I.: Universidad nacional del centro del Perú. Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4972>.

LOZADA, J., [sin fecha]. Investigación Aplicada: Definición, propiedad Intelectual e Industria. *Dialnet* [en línea], vol. 3, no. 1. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749#:~:text=Investigación Aplicada Definición%2C Propiedad Intelectual e Industria&text=La investigación aplicada busca la,sociedad o el sector productivo.&>.

MENDEZ, R. y FUERTE, E., 2018. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Lima: s.n.

MORA, L., 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.

ÑAUPAS, H., NOVOA, E. y VILLAGÓMEZ, A., 2014. *Metodología de la investigación*. 4 ed. Colombia: Ediciones de la U.

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.

NEILL, D. y CORTEZ, L., 2017. Proceso y fundamentos de la investigación científica. *Machala* [en línea], Disponible en:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf>.

RAMOS, J., 2017. *umento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.* [en línea]. S.I.: Universidad nacional de Trujillo. Disponible en: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos Sparrow%2C Julio Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/RamosSparrow%2CJulioOswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

RENDON, M. y MIRANDA, M., 2016. Descriptive statistics. *Alergia* [en línea], vol. 63, no. 4. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>.

RIOS, R., 2017. *Metodología para la investigación y redacción*. España: Servicios académicos intercontinentales S.L.

ROJAS, J., 2019. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019* [en línea]. S.I.: Universidad privada del Norte. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/Rojas Gonzales Jaime Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/RojasGonzalesJaimeRoman.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ROMERO, T., 2017. Preventive maintenance plan of the machines and / or equipment of the metalworking company AYD Pioneer S.A.C. to increase its availability and operational reliability. *Tecnología y desarrollo* [en línea], vol. 15, no. 1, pp. 45-52. Disponible en:

<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/1868/1595>.

ROSALES, R., 2017. *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del área Lavadero Salinas de la empresa DELISHELL S.A.C* [en línea]. S.I.: Universidad San Pedro. Disponible en:

http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8266/Tesis_56380.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SUPO, J., 2012. Seminarios de investigación científica. *Independently published* [en línea]. Perú: s.n., Disponible en:

<http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/1000012/un3/pdf/seminv-sinopsis.pdf>.

TORRES, C., CAMACHO, R. y PEREZ, W., 2015. *Elaboración de una propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para las centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Estelí*. S.l.: Universidad nacional autónoma de Nicaragua.

YUNI, J. y URBANO, C., 2014. *Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación* [en línea]. 2 ed. Argentina: Brujas. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2016/01/Técnicas-para-investigar-2-Brujas-2014-pdf.pdf>.

YUNI, J. y URBANO, C., 2017. Preventive maintenance to increase the availability and reliability of a 50-ton crane. *INGnosis*, vol. 3, no. 2, pp. 309-322.

ZAPATA, C., 2011. *Confiabilidad en ingeniería* [en línea]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en:

https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaelettrica/lapsee/curso_2011_zapata_1.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Fórmula
Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo	El plan de mantenimiento preventivo se define como: Una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación. (García, 2012, p. 79).	El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas planificadas donde se realiza un análisis detallado de los equipos, para obtener una serie de información sobre cada uno ellos, luego se programa estableciendo principios secuenciales con el tiempo y número de recursos necesarios para la ejecución de un buen mantenimiento.	Planificación	Índice de equipos con plan de mantenimiento	RAZÓN	Análisis documental	Hoja de registro	Porcentaje	$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$
			Programación	Índice de mantenimiento programado	RAZÓN	Análisis documental	Hoja de registro	Porcentaje	$IMP = \frac{MPR}{MPP} * 100\%$
									IEM: Índice de equipos que tienen un plan de mantenimiento preventivo. MPM: Equipos con plan de mantenimiento MP: Total de equipos IMP: Índice de mantenimiento programado MPR: N° de mantenimiento preventivo realizado MPP: N° de mantenimiento preventivo programado
	De acuerdo con (Mora, 2009), refirió que: el equipo se	La disponibilidad es la capacidad de que un equipo se encuentre							

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos	encuentra disponible cuando "su funcionamiento es satisfactorio después del inicio de su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (Mora, 2009, p. 67).	operativo, se da en disposición, en cuanto a la mantenibilidad y la confiabilidad. Ambos términos forman parte de la cotidianeidad del mantenimiento.	Confiabilidad	Tiempo medio entre fallas	RAZÓN	Observación	Ficha de recolección de datos	Absoluto	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$ TMEF: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NTFALLAS: N° de fallas detectadas
			Mantenibilidad	Tiempo medio para reparar	RAZÓN	Observación	Ficha de recolección de datos	Absoluto	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$ TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NTFALLAS: N° total de fallas detectadas

Anexo 2. Matriz de consistencia.

Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Metodología
General	General	Principal							
¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020	Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo	El plan de mantenimiento preventivo se define como: Una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación.	El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas planificadas donde se realiza un análisis detallado de los equipos, para obtener una serie de información sobre cada uno ellos, luego se programa estableciendo principios secuenciales con el tiempo y número de recursos necesarios para la ejecución de un buen mantenimiento.	Planificación	Índice de equipos que tienen un plan de mantenimiento	RAZÓN	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo-explicativo Diseño: Experimental de tipo preexperimental Población: 18 equipos de A/A del área de electrólisis. Muestra: 18 equipos de A/A. Muestreo: No probabilístico por conveniencia Técnica: Observación Instrumento: Ficha de
						Programación	Índice de mantenimiento programado	RAZÓN	

(García, 2012, p. 79).

recolección de datos

Específicas	Específicos	Secundarias							
¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020	Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	Variable dependiente: Disponibilidad de equipos	De acuerdo con (Mora, 2009), refirió que: el equipo se encuentra disponible cuando “su funcionamiento es satisfactorio después del inicio de su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (p.67).	La disponibilidad es la capacidad de que un equipo se encuentre operativo, se da en disposición, en cuanto a la mantenibilidad y la confiabilidad. Ambos términos forman parte de la cotidianeidad del mantenimiento.	Confiabilidad	Tiempo medio entre fallas	RAZÓN	Método de análisis: Estadística descriptiva-inferencial
¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020	Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.		Mantenibilidad	Tiempo medio para reparar	RAZÓN			


Anexo 3.

Instrumento de recolección de datos de la V. dependiente.

[illegible]

Anexo 4.

Validación de instrumentos a través de juicio de expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DIMENSIÓN 1: Planificación							
	$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: Programación							
	$IMP = \frac{MPR}{MPP} * 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador ☒ / Mg: Panta Salazar Javier Francisco **DNI:** 02636381

Especialidad del validador: Ing. Industrial

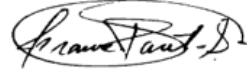
¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo


³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Octubre del 2020



Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD							
	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD							
	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): _____ Si hay suficiencia _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador ☒ / Mg: Panta Salazar Javier Francisco **DNI:** 02636381

Especialidad del validador: Ing. Industrial

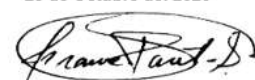
¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Octubre del 2020



Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSION 1: Planificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEP = \frac{MPM}{TM} + 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSION 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPR}{MPP} + 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g. ACOSTA LINARES ALDO

DNI: 41609054

Especialidad del validador: MAGISTER EN GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO

20 de octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSION 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSION 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g. ACOSTA LINARES ALDO

DNI: 41609054

Especialidad del validador: MAGISTER EN GESTION DEL TALENTO HUMANO

20 de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSIÓN 1: Planificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEM = \frac{MPM}{TM} \cdot 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPR}{MPP} \cdot 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g: FARFÁN MARTÍNEZ ROBERTO DNI: 02617808

Especialidad del validador: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA

*Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

*Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

*Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g: ROBERTO FARFAN MARTINEZ DNI: 02617808

Especialidad del validador: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA

20 de Octubre del 2020

*Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

*Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

*Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEM = \frac{MPM}{TM} + 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPR}{MPP} + 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. ~~X~~ BAZÁN ROBLES ROMEL DARIO

DNI: 41091024

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

23 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. ~~X~~ ROMEL DARIO BAZAN ROBLES

DNI: 41091024

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

20 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSIÓN 1: Planificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPP}{MPP} * 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. CONDE ROSAS ROBERTO CARLOS

DNI: 09447944

Especialidad del validador: MAGISTER EN OPERACIONES Y LOGÍSTICA

23 de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. CONDE ROSAS ROBERTO CARLOS

DNI: 09447944

Especialidad del validador: MAGISTER EN OPERACIONES Y LOGISTICA

23 de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

Anexo 5. Diagrama de Gantt de las actividades

[illegible]

Anexo 6. Ficha técnica de los equipos de aire acondicionado


FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A N° 2 SALA DE DIODOS		
CÓDIGO	7901-0370G2531		
MARCA	CLIMATE MÁSTER		
MODELO	TLV300AFD3AJFTS		
AÑO DE FABRICACIÓN	2012		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	300.000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60 HZ		
ECOLÓGICO	NO	REFRIGERANTE	R410A
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
COMPRESOR	SI		
EVAPORADOR	SI		
CONDENSADOR	SI		
VÁLVULA DE EXPANSIÓN	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A SALA GABINETE CONTROL		
CÓDIGO	7901-0370G2610		
MARCA	CLIMATE MÁSTER		
MODELO	0		
AÑO DE FABRICACIÓN	2012		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	300.000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60 HZ		
ECOLÓGICO	NO	REFRIGERANTE	R410A
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
COMPRESOR	SI		
EVAPORADOR	SI		
CONDENSADOR	SI		
VÁLVULA DE EXPANSIÓN	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO							
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A	PAQ.	TABLERO				
DESCORTEZADOR							
CÓDIGO	7901 0370G269P1						
MARCA	CLIMATE MÁSTER						
MODELO	TLV120AFD3AJBFS						
AÑO DE FABRICACIÓN	2005						
AÑO DE RENOVACIÓN	2020						
							
				ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
				CAPACIDAD	120,000 BTU/H		
				TIPO	PAQUETE		
				VOLTAJE	460V / 3F / 60 HZ		
				ECOLÓGICO	NO	REFRIGERANTE	R410A
CONDICIONES GENERALES							
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD						
ESTADO	OPERATIVO						
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES						
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN						
COMPONENTES DEL EQUIPO							
Compresor	SI						
Evaporador	SI						
Condensador	SI						
Válvula de expansión	SI						
OBSERVACIONES							

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A DE TABLERO DE GRUA		
CÓDIGO	7901 - 03731020 - P1		
MARCA	CLIMASA		
MODELO	CLS		
AÑO DE FABRICACIÓN	2005		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	36000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ		
ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE	R507
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
Compresor	SI		
Evaporador	SI		
Condensador	SI		
Válvula de expansión	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A SALA TRANSFORECTIFICADOR	
CÓDIGO	7901-0373G1048P1	
MARCA	YORK	
MODELO	DM300C00A4AAA2 A	
AÑO DE FABRICACIÓN	2000	
AÑO DE RENOVACIÓN	2013	

ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO

CAPACIDAD	0		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	230 V / 3 F / 60 HZ		
ECOLÓGICO	no	REFRIGERANTE	R22

CONDICIONES GENERALES

CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD
ESTADO	OPERATIVO
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN

COMPONENTES DEL EQUIPO


Compresor	SI
Evaporador	SI
Condensador	SI
Válvula de expansión	SI

OBSERVACIONES

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A TAB CTRL TRANSFORECTIFICADOR					
CÓDIGO	7901-0373G1048P2					
MARCA	RITTAL					
MODELO	SK3304100					
AÑO DE FABRICACIÓN	2000					
AÑO DE RENOVACIÓN	2018					
						
				ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO		
				CAPACIDAD	18000 BTU/H	
				TIPO	PAQUETE	
				VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ	
				ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE
CONDICIONES GENERALES						
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD					
ESTADO	OPERATIVO					
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES					
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN					
COMPONENTES DEL EQUIPO						
Compresor	SI					
Evaporador	SI					
Condensador	SI					
Válvula de expansión	SI					
OBSERVACIONES						

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 11					
CÓDIGO	7901-0375G2133E22					
MARCA	CLIMASA					
MODELO	CLS500					
AÑO DE FABRICACIÓN	2005					
AÑO DE RENOVACIÓN	2020					
						
				ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO		
				CAPACIDAD	36000 BTU/H	
				TIPO	PAQUETE	
				VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ	
				ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE
CONDICIONES GENERALES						
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD					
ESTADO	OPERATIVO					
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES					
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN					
COMPONENTES DEL EQUIPO						
Compresor	SI					
Evaporador	SI					
Condensador	SI					
Válvula de expansión	SI					
OBSERVACIONES						

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 12		
CÓDIGO	7901-0375G2134E22		
MARCA	CLIMASA		
MODELO	CLS500		
AÑO DE FABRICACIÓN	2005		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	36000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ		
ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE	R507
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
Compresor	SI		
Evaporador	SI		
Condensador	SI		
Válvula de expansión	SI		
OBSERVACIONES			

Anexo 7. Formatos de trabajo

[illegible]

			STOCK DE INVENTARIOS DE REPUESTOS DE EQUIPOS			
ITEM	N° DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DESCUENTO	TOTAL	OBSERVACIÓN
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

ORDEN DE TRABAJO

UBICACIÓN DEL EQUIPO						
SERVICIO		ÁREA			UBICACIÓN	
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO		MARCA	MODELO	SERIE	CÓDIGO	
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA:						
DIAGNÓSTICO TÉCNICO:						
TIPO DE ATENCIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO	PRIORIDAD	EQUIPO EN GARANTÍA	TIPO Y CAUSAS DE FALLA	FECHA INICIO	
<input type="checkbox"/> R. Propio	<input type="checkbox"/> Preventivo	<input type="checkbox"/> Urgente	<input type="checkbox"/> Si			
<input type="checkbox"/> S. Contratado	<input type="checkbox"/> Correctivo	<input type="checkbox"/> Programable	<input type="checkbox"/> No		FECHA TERMINO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO						
OBSERVACIONES TÉCNICAS						
REPUESTOS, ACCESORIOS Y MATERIALES UTILIZADOS						
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	N° DE PARTE	SERIE-CÓDIGO-LOTE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
MANO DE OBRA						
NIVEL	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	H. INICIO	H. TÉRMINO	H/H	COSTO H/H	VALOR TOTAL
					TOTAL	
					TOTAL, REPUESTOS Y ACCESORIOS	
					TOTAL DE MANO DE OBRA	
					COSTO TOTAL	

	REGISTRO	CÓDIGO	
	REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACION, ENTRENAMIENTOS Y SIMULACROS DE EMERGENCIA	REVISIÓN	
		APROBADO	
		PÁGINA	

DATOS DEL EMPLEADOR

RAZON SOCIAL		RUC		TOTAL, N° TRABAJADORES	
--------------	--	-----	--	------------------------	--

DIRECCION		ACTIVIDAD ECONOMICA	
-----------	--	---------------------	--

TIPO DE LA ACTIVIDAD									
INDUCCION <input type="checkbox"/>	CAPACITACIÓN <input type="checkbox"/>	CHARLAS DIARIAS <input type="checkbox"/>	SIMULACROS <input type="checkbox"/>	REUNIÓN <input type="checkbox"/>	OTROS <input type="checkbox"/>				
TEMA TRATADO:				SEGURIDAD		CALIDAD			
				SALUD		OTROS			
				M.AMBIENTE					
EXPOSITOR:			FIRMA		FECHA:				
CARGO:									
Desde:	Hasta:	Duración:	N° Participantes:	TOTAL, H-H:					
ASISTENTES									
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	DNI	EMPRESA	FIRMA				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones:									

	Análisis de Trabajo Seguro (ATS)		Código	
			Revisión	
			Área	
			Páginas	
ATS N°:001	FECHA:	HORA:	TURNO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO:	
PROPIO () CONTRATISTA ()	EMPRESA/ ÁREA:			
NOMBRE DE LA TAREA:				
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TAREA				
PASOS DE LA TAREA	PELIGROS	RIESGOS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE
ESTANDARES Y/O PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS:				
MÁQUINAS, EQUIPOS E HERRAMIENTAS REQUERIDAS:				

	Documentos de datos			Código		
				Revisión		
	Análisis de Trabajo Seguro (ATS)			Área		
				Páginas		
EPPS NECESARIOS PARA MITIGAR LOS RIESGOS DE LA TAREA						
	Casco de seguridad Tipo:		Uniforme de trabajo		Traje antiácido	Otros (Especificar):
	Barbiquejo		Zapatos de Seguridad		Traje para metal líquido	
	Lentes de seguridad		Botas de PVC		Traje para material particulado	
	Respirador con filtro para:		Lentes tipo:		Traje de cuero para trabajo en caliente	
	Protector auditivo		Equipo de respiración autónoma (SCBA)		Traje para protección de arco eléctrico	
	Guantes de:		Protector facial (Careta soldador/ transparente/ oscura)		Arnés de seguridad con línea de doble anclaje/ retráctil	
COMUNICACIÓN Y EMERGENCIAS: SÍ / NA (NO APLICA)						
	¿Se coordinó con otros grupos de trabajo que se encuentran en o cerca ala área de trabajo?				¿Se verificaron las rutas de evacuación y puntos de reunión?	
	¿El responsable del área fue comunicado para liberar el equipo, efectuara las maniobras necesarias, y fue solicitado el bloqueo de las fuentes de energía?				¿Se verifico los extintores, lava ojos y duchas de emergencia, (ubicación y operatividad)?	
	¿Fue explicado el detalle del ATS de la tarea a todos los involucrados y han sido informados de los peligros del lugar de trabajo?				¿Se difundió el teléfono de emergencia a todos los involucrados en la actividad)	
	¿Los manuales de uso/ mantenimiento de los equipos fueron revisados con los involucrados?				¿Se comunicó a los trabajadores los procedimientos específicos de respuesta a emergencia?	
VERIFICACIÓN DE INEXISTENCIA DE CABLES ELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS, TUBERÍAS DE AGUA, TUBERÍAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS, ETC (EN CASO APLIQUE						
VERIFICACIÓN DE INEXISTENCIA DE CABLES ELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS, TUBERÍAS DE AGUA, TUBERÍAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS, ETC (EN CASO APLIQUE						
RESPONSABLE AREA DE ING. ELÉCTRICA			/ FECHA	/ FIRMA	RESPONSABLE ÁREA DE ING. MECANICA/CIVIL /FECHA /FIRMA	
PERSONAL EJECUTOR:						
LUEGO DE LA REUNIÓN DE PRE TRABAJOCON LOS EJECUTANTES REVISANDO LO QUE DEBE SER REALIZADO PARA CUMPLIR CON LO DETERMINADO EN ELE ANÁLISIS DE RIESGO. Tomamos conocimiento de este análisis de riesgo y somos conscientes de la necesidad de cumplir con sus requisitos.						
APELLIDOS Y NOMBRES		PUESTO	FIRMA	APELLIDOS Y NOMBRES		FIRMA
NOMBRE Y FIRMA –SUPERVISOR DE TRABAJO		NOMBRE Y FIRMA - RESPONSABLE DEL ÁREA		NOMBRE Y FIRMA - SOLICITANTE DE TRABAJO		NOMBRE Y FIRMA – RESPONSABLE DE SSMA DEL EJECUTOR D EL TRABAJO
VERIFICACION DEL ENTENDIMIENTO Y PUESTA EN, PRACTICA DEL ATS						
N°	Nombre del verificador	Cargo	Hora:	Firma:	Observaciones:	Acción de corrección:

CHECK LIST DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO		
Nombre del equipo		
Ubicación		
Tipo de solución		
Nombre del técnico		
Puntos a revisar		
ITEMS	Funcionamiento	
	Si	No
Equipo en funcionamiento		
Compresor en funcionamiento		
Ventilador de condensador en funcionamiento		
Ventilador de evaporador en funcionamiento		
Presiones de trabajo estables		
Amperaje de trabajo estable		
Temperatura de línea de líquido estable		
Temperatura de línea de succión estable		
Temperatura de línea de descarga estable		
Amperaje de arranque estable		
Aislamiento del compresor		
Aislamiento del equipo		
Nivel de aceite estable		
Temperatura de enfriamiento estable		
Equipo apaga por sensor de temperatura		
Equipo enciende por sensor de temperatura		
Observaciones Generales		
Conformidades		

[illegible]

FORMATO DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO

CLIENTE Ó COMPAÑIA	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	
EQUIPO	

O/C CLIENTE	
FECHA	
SOLICITADO	

TIPO DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO		INSPECCIÓN	
CORRECTIVO		GARANTÍA	
LLAMADA DE EMERGENCIA		OTROS	
CORRECTIVO DENTRO/PREVENTIVO			

DURACIÓN DE ACTIVIDAD

HORA INICIO	
HORA FIN	

DATOS DE LA UNIDAD	U. COND	U. EVAP.
MARCA		
MODELO		
SERIE		
VOLTAJE		
TAG/EQUIPO		
CAPACIDAD		

DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO	
MARCA DEL BLOWER	
MARCA DEL FAN	
MODELO DE FAJA	
MARCA DE COMPRESOR	
MOD DE COMPRESOR	

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR		
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO		
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLES DE FUERZA Y MANDO		
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR		
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR		
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE		
MEDICIÓN DE PRESIONES		
VERIFICACION Y LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL DRENAJE		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERMOSTATO		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE REJILLAS		
REVISIÓN DE PERNERÍA EN GENERAL		

PRESIONES	
ALTA 1	
BAJA 1	
ALTA 2	
BAJA 2	

MANÓMETRO DE AGUA			
PRESIÓN			
TEMPERATURA			
DESCRIPCIÓN	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

VOLTAJE		
R-S	S-T	R-T
R	S	T

DESCRIPCIÓN	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1				
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1				
VENTILADOR 2				
BLOWER 1				
BLOWER 2				

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA		
MEDICIÓN DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVOS		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLEADO		
TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIDIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR		
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA		
REVISIÓN DE LOS RELAY		
LIMPIEZA DE BANDEJA		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
HUMIDIFICADOR			
HUMIDIFICADOR			

REQUIERE INTERVENCIÓN CORRECTIVA

SI ☐

NO ☐

NOTAS Y OBSERVACIONES:

RESPONSABLE

FIRMA DEL CLIENTE

Anexo 8. Programa de mantenimiento preventivo

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Anexo 9.

Registro de datos de la situación actual abril-Julio.

Abril		REGISTRO DE DATOS																															TOTAL						
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF
1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6
	29	0	0	0	0	0	0	2	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	56
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.5	0	0	1	40.5	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	2	56	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.5	0	0	5	107
Mayo		REGISTRO DE DATOS																																	TOTAL				
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.5	0	0	0	1	43	0	0	0	0	0	0	0	2	46.5
	6	2	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	74	
	7	0	0	0	0	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	52	
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.5	
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	2	74	0	0	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.5	0	0	0	0	1	3.5	0	0	1	43	0	0	0	0	0	0	0	8	179	
3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12	0	0	2	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	67		
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	30	0	0	0	0	0	3	35.5	
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	55	0	0	0	0	2	55		
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	0	0	2	67	0	0	0	0	1	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	30	2	55	0	0	0	0	7	157.50	
4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	44	2	44	
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16	
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20.5	
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	1	4	0	0	1	20.5	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	2	44	6	87.5	
5	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	27	2	53	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	57	
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.5	
	29	0	0	0	0	0	0	2	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	69	
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	13.5	
	TOTAL	2	53	0	0	0	0	2	69	0	0	1	4	0	0	0	1	5.5	0	0	2	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	145	
Junio		REGISTRO DE DATOS																																	TOTAL				
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	46	0	0	3	54	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	23.5
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6.50	0	0	0	0	1	5	0																	

[illegible]

Anexo 10.

Registro de datos después de la mejora Setiembre-noviembre.

Agosto		REGISTRO DE DATOS																															TOTAL						
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF
		Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF				
1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	1	12	
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	2	20		
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15	0	0	0	0	0	2	15		
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	2	15	1	12	0	0	0	0	5	47
2	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9		
	25	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	27	0	0	0	0	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13	
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	
	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	0	0	0	0	1	13	1	12	0	0	0	0	0	0	1	8	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	42
3	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	
	2	0	0	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22	
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16	
	5	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	
	TOTAL	1	12	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	8	1	8	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	58
Setiembre		REGISTRO DE DATOS																															TOTAL						
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF
		Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF				
4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0			
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15	2	21	
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	1	15	5	40	
5	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	1	8	
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	2	16.5	
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	8		
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1	8	1	8	4	32.50	
6	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	22	0	0	1	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9.5		
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	
	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	25	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8.5	
	TOTAL	0	0	1	9.5	2	10	0	0																														

[illegible]

Anexo 11.

Registros efectuados del mantenimiento

SAEG ENGINEERING GROUP.- Planta Cajamarquilla		Código	SP - 040317 - POM - VM - 002 - V00
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL		Revisión	1
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE		Fecha	18/09/2020
		Área	Mantenimiento
		Páginas	1/1
1. PERSONAL			
1.1. Ingeniero Residente. 1.2. Ingeniero de SSMA. 1.3. Asistente Administrativa. 1.4. Supervisor de Campo. 1.5. Técnico HVAC.			
2. CONDICIONES NECESARIAS			
EPP NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD		RIESGOS CRÍTICOS	RESTRICCIONES
	 CUIDADO ESPECIAL * Bloqueo de energías * Vehículos móviles * Sustancias químicas peligrosas * Protección de máquinas * Herramientas manuales		 - No iniciar la actividad antes de haber comunicado al encargado de área. - No realizar la actividad si el oficial de bloqueo no autoriza o no está presente. - No iniciar las actividades, si no tienes todos los permisos de trabajo firmados a la mano. No iniciar la actividad si no está debidamente capacitado. - No iniciar la tarea cuando no haya un procedimiento de control de energías aprobado y difundido. - No iniciar el trabajo si el área está obstruida. - Parar la tarea si se inician trabajos de riesgo próximos al punto de trabajo. No iniciar la actividad si el procedimiento no está validado por el gestor y coordinador de seguridad.
3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES			
3.1. Equipos: Hidrolavadora, Pinza Amperimétrica, Sopladora. 3.2. Herramientas: Manómetro, Brocha, Llave Francesa, Wincha, Llave Minuta, Alicates, Hexagonales, Martillo, Desarmadores, Lima, Gaseca, Cintas Aislantes. 3.3. Materiales: Líquido Contacto, Abridor, Filtros, Trapo Industrial, Gas Refrigerante, Grasa SKF, Thinner, Bolsa de Resaca, extintor portátil.			
4. PROCEDIMIENTO			
4.1		2.1 Participar en la inducción de 5 min; registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, Inspección de pre-uso de las herramientas.	 Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.
4.2		2.2 El líder de cada grupo coordinará con el Jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinará el traslado de las herramientas que se utilizará al punto de trabajo.	 Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares estén en óptimas condiciones. Transporte manual de peso / Cambiar de mano al momento de trasladar la caja, realizar pausas activas. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.3		2.3 Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área.	 Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.4		2.4 Se procede a la desconexión directa de energía: - Verificación de energía 0 y purga de la residual. - Realizar el desmontaje del equipo de manera correcta y segura, mínimo entre dos personas. - El área tiene que quedar despojada.	 Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares estén en óptimas condiciones. Gases, polvo, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.5		2.5 Se procede a la revisión total del equipo: (reemplazar de ser necesario). Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario. Se toma las presiones adecuadas para su buen funcionamiento. - Se lava a presión el serpentín, se utiliza una hidrolavadora - Desarmar el equipo para su revisión general, se utiliza desarmadores y llaves posterior limpieza manual del equipo - Se procede a la revisión eléctrica y mecánica en el interior del equipo. Visual o mediante megómetro o pinza amperimétrica que se encuentre calibrado - Se revisarán partes eléctricas del equipo motores, tarjetas, cableado interno, visualmente o manualmente utilizando los guantes para ver si hay algún defecto - Se revisarán partes mecánicas correas, aspas, alaves, etc. Si se encuentran deficientes se realiza el cambio total de la pieza - Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario (se toman las presiones adecuadas para el buen funcionamiento del equipo). Se coloca la manguera al tanque de gas y posterior al equipo, tiene que estar en perfectas condiciones. - Se lava el equipo a presión con la hidrolavadora.	 Recursos naturales / Durante una posible lluvia colocar mantas sobre los tableros eléctricos. Postura / Realizar pausas activas. Protección de máquinas / Al término de la actividad garantizar la colocación de todas las protecciones. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.6		2.6 Se procede a armar el equipo. Se realiza el montaje y/o colocación en su lugar. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se detalla las observaciones encontradas.	 Postura / Realizar pausas activas. Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.7		2.7 Con cinta platinada se procede a cerrar los bordes. Se realiza la conexión de equipo. Se deja el equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se reporta las observaciones encontradas para programar los planes de acción.	 Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, firmar el cierre de trabajo Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva. Residuos sólidos / Disposición adecuada de residuos generados en la actividad.
5. RESULTADOS ESPERADOS			
5.1. Cero accidentes e incidentes en el área de trabajo. 5.2. Mantener en todo momento la orden y la limpieza del área de trabajo. 5.3. Vida económica del equipo dándole mayor eficiencia en su proceso de trabajo. 5.4. RESTRICCIONES: No iniciar la tarea si hay trabajos en simultáneos, No iniciar la tarea si los responsables Ing. Seguridad/Residente, no se encuentran en pulsta, No iniciar la tarea si no tenemos el (PETAR) para trabajos de alto riesgo.			
6. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO:			
ANOMALÍAS		POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
Congelamiento de tubería		Baja presión de refrigerante	Verificación de presiones
Sonido tranco de equipo		Piezas rotas dentro del mismo o mal funcionamiento del compresor	Verificación del equipo y compresor
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Ing SSMA: Eder Alvarado Celí	Residente: Luis Gonzales Ysla	SSMA: Nathaly Gildemeister	Gestor de contratos: Omar Romani
Fecha: 18/09/2020	Fecha: 18/09/2020	Fecha: 18/09/2020	Fecha: 18/09/2020

SAEG ENGINEERING GROUP. - Planta Cajamarquilla		Código	SP - 040317 - POM - VM -053 -V00
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL		Revisión	1
INSPECCIÓN, VERIFICACIÓN DE CORRIENTE DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE TIPO PAQUETE		Fecha	17/09/2020
		Área	Mantenimiento
		Páginas	1/1
1. PERSONAL			
1.1. Ingeniero Residente. 1.2. Ingeniero de Seguridad. 1.3. Asistente Administrativo. 1.4. Técnico HVAC 1.5. Técnico Electricista			
2. CONDICIONES NECESARIAS			
EPP NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD		RIESGOS CRÍTICOS	RESTRICCIONES
Casco con barbiquejo		Lentes de seguridad	Zapatos de seguridad
Respirador		Orejeras	Guantes de butano
Guantes de látex		Uniforme con cinta reflectiva, antiflama	Tufo para calzado
		¡CUIDADO ESPECIAL! * Bloqueo de energías * Vehículos móviles * Sustancias químicas peligrosas * Protección de máquinas * Herramientas manuales	
		No iniciar la actividad antes de haber comunicado al encargado de área. No retirar la actividad si el oficial de bloqueo no autoriza o no esta presente. No iniciar las actividades, si no tienes todos los permisos de trabajo firmados a la mano. No iniciar la actividad si no esta debidamente capacitado. No iniciar la tarea cuando no haya un procedimiento de control de energías aprobado y difundido. No iniciar el trabajo si el área esta obstruida. Para la tarea si se inicia trabajos de riesgo próximos al punto de trabajo. No iniciar la actividad si el procedimiento no esta validado por el gestor y coordinador de seguridad.	
3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES			
3.1. Equipos: Hidrolavadora, Píiza Amperimétrica, Sopladora. 3.2. Herramientas: Manómetro, Bóucha, Llave Francesa, Wincha, Llave Mista, Alicates, Hexagonales, Martillo, Desarmadores, Lima, Gravena, Cintas Aislantes. 3.3. Materiales: Lápiz Contacto, Alfojotado, Filtros, Trapo Industrial, Gas Refrigerante, Gasa SKF, Thinner, Bolas de Baxum, extintor portátil			
4. PROCEDIMIENTO			
4.1		4.1 Participar en la inducción de 5 min, registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, Inspección de pre-uso de las herramientas. Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.	
4.2		4.2 El líder de cada grupo coordinará con el Jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinará el traslado de las herramientas que se utilizará al punto de trabajo: 01 caja de herramientas manuales y un letrero de advertencia de trabajo. En caso se tenga el vehículo disponible hacer uso de ella (PG-VM-HSMQ-022- Vehículos y Equipos Móviles) Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares cuenten con el color de la cinta del mes y estén en óptimas condiciones. Transporte manual de peso / Cambiar de mano al momento de trasladar la caja, realizar pausas activas. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.3		4.3 Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área. Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, llevar material en una sola mano para poder tener los tres punto de apoyo, trasladarse por zonas seguras. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.4		4.4 El solicitante de trabajo tramita si es que amerita el requerimiento del Equipo a intervenir. El oficial de bloqueo coordina con el electricista de guardia y/o de área para realizar el trabajo, se procede a: o Verificación de energía cero y purgar de ser necesario. o Retirar las tapas protectoras del equipo. o Se remueven las partes móviles del equipo para mejorar la visibilidad del trabajo a realizar. o Verificar si se amerita retirar algún dispositivo del equipo Split decorativo, Split dato o paquete Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, retirar el candado de bloqueo. Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares cuenten con el color de la cinta del mes y estén en óptimas condiciones. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.5		4.5 Intervención de emergencia con energía intermedia de unidad A/A Tipo paquete Realizar el encendido eléctrico del equipo, desde el termostato del ambiente interior - evaluar el funcionamiento inicial de la unidad A/A (Compresores, motor y bastidores) De encender correctamente el panel eléctrico y mediante pinza Amperimétrica el uso de pinza Amperimétrica el uso de pinza Amperimétrica Verificar el consumo de corriente de trabajo y de la misma forma con el uso del manómetro determinar la presión manométrica de trabajo del circuito de refrigeración De observar anomalías de los parámetros de funcionamiento se valora la condición de limpieza del evaporador y condensador. Asimismo, y también determinar la operación correcta de la transmisión mecánica del evaporador De observar la falta de ajuste del sistema de transmisión mecánica (Fajas de transmisión o bases de anclaje) Coordinar con el supervisor del área y electricista, poder des energizar el equipo localmente desde el tablero eléctrico y corregir la falla mecánica del equipo en estado de energía cero De observar suciedad severa en el evaporador y condensador, los cuales estén afectando la operación manométrica del refrigerante. De la misma manera coordinar con y el electricista cortara localmente el fluido eléctrico del equipo, realizar el test de energía cero y proponer condiciones favorables para hacer brevemente el lavado mediante un hidrolavadora, el evaporador y el condensador para eliminar cierto porcentaje del nivel de suciedad del equipo. De observar la falta de racionamiento del motor blower y motor ventilador y compresor, a su vez algún componente eléctrico. Se cortara el fluido eléctrico del equipo y revisar el problema hasta detectar el elemento en falla y su posterior corrección, todo se realizara mediante el uso de una pinza Amperimétrica y mego metro. De haber corregido estos problemas en el equipo con cierto grado de limpieza se determina la presión manométrica del refrigerante, si se observa falta de carga se realiza la recarga con gas R-22 o R-410 mediante el uso del nanómetro y balón de refrigerante. De haber estabilizado los parámetros de operación del equipo dentro del rango y posterior se informa al encargado de NEXA solicitando que se programe el mantenimiento preventivo de la unidad de A/A intervenida. Orden y limpieza y retiro de recursos. Recursos naturales / Durante una posible lluvia colocar mantas plasticas sobre los tableros eléctricos. Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, retirar el candado de bloqueo. Postura / Realizar pausas activas. Protección de máquinas / Al término de la actividad garantizar la colocación de todas las protecciones tapas y partes móviles. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.6		4.6 Realizar el armado de la unidad condensadora. Así mismo se procede a realizar el monitoreo del equipo ya sea split decorativo, split manga o tipo paqueteb. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad y se reportan las observaciones encontradas para programar los planes de acción futuros. Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, retirar el candado de bloqueo. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.7		4.7 Realizar la toma de parámetros para la verificación de que el equipo funcione correctamente (Amperaje en líneas, presiones en alta y baja, temperaturas en las tuberías, etc.). Se deja equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo. Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, firmar el cierre de trabajo Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva. Residuos sólidos / Disposición adecuada de residuos generados en la actividad.	
5. RESULTADOS ESPERADOS			
5.1. Cero accidentes e incidentes en el área de trabajo. 5.2. Mantener en todo momento la orden y la limpieza del área de trabajo. 5.3. Vida económica del equipo dándole mayor eficiencia en su proceso de trabajo. 5.4. RESTRICCIONES: No iniciar la tarea si hay trabajos en simultáneos, No iniciar la tarea si los responsables Ing. Seguridad/ Residente, no se encuentran en palta, No iniciar la tarea si amerita el (PETAR) para trabajos de alto riesgo.			
6. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO:			
ANOMALIAS		POSIBLES CAUSAS	
Congelamiento de tubería		Baja presión de refrigerante	
Saturación de serpentín		bloques en la unidad condensadora (altas temperaturas)	
		Verificación de presiones	
		Lavado y peinado de serpentín	
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
Ing SSMA: Eder Abarado Celi		Residente: Luis Gonzales Ysl	
Fecha: 17/09/2020		Fecha: 17/09/2020	
		REVISADO POR:	
		SSMA:Nathaly Gilemister	
		Fecha: 17/09/2020	
		APROBADO POR:	
		Gestor de contratos: Omar Romani	
		Fecha: 17/09/2020	

№ 004897

CLIENTE O COMPAÑIA	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	97 Haxco
EQUIPO	A/A Ventana

O/C CLIENTE	
FECHA	27-08-20
SOLICITADO	

PREVENTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	INSPECCIÓN	
CORRECTIVO		GARANTÍA	
LLAMADA DE EMERGENCIA		OTROS	
CORRECTIVO DENTRO PREVENTIVO			

HORA INICIO	09:00 AM
HORA FIN	3:00 PM

DATOS DE LA UNIDAD	U. COND.	U. EVAP.
MARCA	YORK	
MODELO	X USC18-GR	
SERIE		
VOLTAJE	220	
TAG / EQUIPO		
CAPACIDAD	18,000 BTU	

DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO	
MARCA DEL BLOWER	
MARCA DEL FAN	
MODELO DE FAJA	
MARCA DE COMPRESOR	
MOD. DE COMPRESOR	

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO




TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR	✓	✓
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO	✓	✓
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR	✓	✓
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CARBES DE FUERZA Y MANDO	✓	✓
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR	✓	✓
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR	✓	✓
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE	✓	✓
MEDICIÓN DE PRESIONES	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL DRENAJE	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERMOSTATO	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE REJILLAS	✓	✓
REVISIÓN PERNERÍA EN GENERAL	✓	✓

DESCRIPTION	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1	7.20	6.9		
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1	1.1	1.1		
VENTILADOR 2				
BLOWER 1	1.1	1.1		
BLOWER 2				

VOLTAGE		
R-S	S-T	R-T
223	221	
R +	S +	T +

PRESIONES	
ALTA 1	
BAJA 1	
ALTA 2	
BAJA 2	

MANÓMETRO DE AGUA	
PRESIÓN	
TEMPERATURA	

BOMBA - AGUA		
R	S	T
		

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA		
MEDICIÓN DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVOS		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLEADO		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIDIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR		
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA		
REVISIÓN DE LOS RELAY		
LIMPIEZA DE BANDEJA		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
HUMIDIFICADOR	/	/	/
HUMIDIFICADOR	/	/	/

REQUIERE INTERVENCIÓN CORRECTIVA
SI ☐ NO ☐

Se cria grupo operativo

Requiere un cambio de seguro nuevo ya que sus partes
están oxidadas y mal estado

TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S
Romulo Quintero			

Attestation :

FIRMA DEL CLIENTE

36055

FORMATO DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO Nº 008192

SAEG PERU S.A. Jr. Cabo Vex Escudado N. 534 - San Luis Tel: 715-5073 Fax: 324-0344 E-Mail: Cocceres@saeg.com

CLIENTE O COMPAÑIA Nova
UBICACION DEL EQUIPO Area: 25 HCC
EQUIPO Pagete (conservacion controlado por agua)

O/C CLIENTE 148035576
FECHA 07-10-20
SOLICITADO

TIPO DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO ☒ INSPECCION
CORRECTIVO ☐ GARANTIA
LLAMADA DE EMERGENCIA ☐ OTROS
CORRECTIVO DENTRO/PREVENTIVO ☐

Requisito: R-22.

DATOS DE LA UNIDAD
MARCA Climate Master
MODELO REOSF000ADU8NOB
SERIE 4133260
VOLTAJE 220V
TIPO EQUIPO 7901-0125A2508
CAPACIDAD

DATOS DEL MOTOR ELECTRIC
MARCA DEL BLOWER Baldor 1HP
MARCA DEL FAN NA
MODELO DE FAJA 433
MARCA DE COMPRESOR Copeland herold
MOD. DE COMPRESOR 2R54R3-TFD-230

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO El equipo se encontro apagado, Obstrucciones de residuos de polvo en el serpentín, polvosi en el sistema eléctrico, se reemplazan los componentes eléctricos y mecánico en lo cual se encontro la faja y polea del rodete desprendido.

TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACIONES DE LOS CABLES DE FUERZA Y MANDO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MECION DE PRESIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRONICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL DRENAJE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LOS FILTROS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DEL TERMOSTATO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE REJILLAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISION DE PERNERIA EN GENERAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCION	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1				
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1				
VENTILADOR 2				
BLOWER 1				
BLOWER 2				

BOMBA - AGUA	R	S	T

PRESIONES	
ALTA 1	
BAJA 1	
ALTA 2	
BAJA 2	

MANOMETRO DE AGUA
PRESION 25 Psi
TEMPERATURA 25 °C

DESCRIPCION	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

DESCRIPCION	R	S	T
HUMIFICADOR			
HUMIFICADOR			

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MECION DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LOS ACCESORIOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DE FALSOS CONTACTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISION DE LOS RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE BANDEJA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOTAS Y OBSERVACIONES: Se realizó el mantenimiento preventivo, pruebas de funcionamiento del motor eléctrico donde se noto ruidos anormales.
Nota: Se requiere con urgencia desmontaje del rodete y motor eléctrico para ser elevados, con el fin de cambiar el rodete.
Se requiere instalar 4 Filtros tipo Carbon 16x20x2 Equipo INOPERATIVO!!

TECNICO/S	TECNICO/S	TECNICO/S	TECNICO/S
<u>Alfonso Ceballos</u>	<u>Thony Pizarro</u>	<u>Mano Pato</u>	
<u>David Roldán</u>	<u>Jose Pizarro</u>		
<u>William Gutierrez</u>	<u>Eduardo Vargas</u>		

RESPONSABLE DE SAEG PERU

FIRMA DEL CLIENTE

FORMATO DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO

Nº 007030

SAEG PERU S.A. Jr. Cabo Yari Escobedo N° 834 - San Luis Tel: 041-3800 E-Mail: coacperes@saeg.com

BASE

CLIENTE O COMPAÑIA: *Nueva Cajamarca*
 UBICACIÓN DEL EQUIPO: *Casa 25*
 EQUIPO: *Aire acondicionado*

O/C CLIENTE: *148280464*
 FECHA: *10-09-20*
 SOLICITADO: *Jose Velazquez*

TIPO DE MANTENIMIENTO
 PREVENTIVO ☐ INSPECCIÓN ☐
 CORRECTIVO ☒ GARANTIA ☐
 LLAMADA DE EMERGENCIA ☐ OTROS ☐
 CORRECTIVO DENTRO/PREVENTIVO ☐

DURACIÓN DE ACTIVIDAD
 HORA INICIO: *9:30*
 HORA FIN: *12:30*

DATOS DE LA UNIDAD
 MARCA: *U. COND*
 MODELO: *U. EVAP*
 SERIE: *U. COND*
 VOLTAJE: *U. EVAP*
 TAG / EQUIPO: *B2510*
 CAPACIDAD: *B2510*

DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO
 MARCA DEL BLOWER
 MARCA DEL FAN
 MODELO DE PAJA
 MARCA DE COMPRESOR
 MOD. DE COMPRESOR

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO

Reductor *Desmontaje programado de Blower y Motor*

TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR		
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO		
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLES DE FUERZA Y MANDO		
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR		
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR		
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE		
MEDICIÓN DE PRESIONES		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL DRENAJE		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERMOSTATO		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE REJILLAS		
REVISIÓN DE PERNERIA EN GENERAL		

DESCRIPCIÓN	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1				
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1				
VENTILADOR 2				
BLOWER 1				
BLOWER 2				

VOLTAJE	R	S	T
490			
490			
490			
R S T			

PRESIONES	R	S	T
ALTA 1			
BAJA 1			
ALTA 2			
BAJA 2			

MANÓMETRO DE AGUA	R	S	T
PRESIÓN			
TEMPERATURA			

BOMBA AGUA	R	S	T
PRESIÓN			
TEMPERATURA			

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA		
MEDICIÓN DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVOS		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLEADO		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIDIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR		
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA		
REVISIÓN DE LOS RELAY		
LIMPIEZA DE BANDEJA		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
HUMIDIFICADOR			
HUMIDIFICADOR			

REQUIERE INTERVENCIÓN CORRECTIVA
 SI ☒ NO ☐

NOTAS Y OBSERVACIONES: *Se realizó desmontaje de Blower y motor Reductor*
en condiciones del equipo Jose Velazquez quedando el equipo listo
para su uso (no operativo por problemas de el motor y el controlador)
con el cableado correcto puesto en la mesa de trabajo controlador
el equipo funciona y el ingeniero Jose Velazquez al tanto del trabajo
realizado















TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S
<i>Jorge Cordero</i>	<i>Jose Velazquez</i>	<i>Alonso Fajardo</i>	

RESPONSABLE DE SAEG PERU

FIRMA DEL CLIENTE

14903

J. Velazquez

MATRIZ DE EPPs												
Nº	NOMBRE	EVIDENCIA FOTOGRAFICA	DURABILIDAD MEDIA	DESCRIPCIÓN	NORMA	FABRICANTE	PROVEEDOR	OBJETIVO	DURABILIDAD Y CONSERVACIÓN	USO RECOMENDADO	MARCA	PROVEEDOR
1	CASCO PLASTICO TIPO JOCKEY		5 años / por deterioro	De material polietileno de alta densidad, provee una alta resistencia contra el impacto vertical. De tipo I, Clase E,G&C. Color blanco. Está diseñado para soportar una tensión de ensayo de 20,000 a 30,000 voltios corriente alterna de 60 voltios.	ANSI Z89.1-2014	MSA	SEKUR	Para proteger la cabeza de caída de materiales y choques laterales, siendo su uso obligatorio en áreas de operativas.	Examine su casco en cuanto a ralladuras, deformaciones, manchas o fisuras. Si encuentra alguna de estas irregularidades sustituya inmediatamente su casco. Mantenga su casco siempre limpio y higiénico, utilizando solamente jabón neutro y agua.	En áreas operativas: - Planta - Almacén - Talleres - Proyectos	3M	SOLTRAK
2	BARBIQUEJO ELASTICO		4 meses / por deterioro	Diseñado en plástico o elástico respectivamente, con ganchos que se conectan a la suspensión del casco. Barbiquejo de 02 puntos.	-	MSA	SEKUR			En áreas operativas: - Planta - Almacén - Talleres - Proyectos	-	SOLTRAK
3	PROTECTOR DE OIDO PARA CASCO		1 año / Por deterioro	Contiene almohadillas rellenas de goma-espuma que proporcionan comodidad y sellado. El protector auditivo HPI acoplado al casco se adapta a distintos visores y tiene un diseño con resortes que permite reducir la presión proporcionando así un alto nivel de confort. NRR-23dB.	ANSI S3.19-1974.	MSA	SEKUR				3M	SOLTRAK
4	GAFA PANORAMICA		6 meses / Por deterioro	Diseño liviano con marcos de ventilación indirecta que permiten la circulación del aire. Montura blanda para aislamiento del ojo y una en la parte superior para absorción de impactos. Lente de policarbonato y marcos de polipropileno. Banda textil elástica. Amplio espacio que permite utilizar la gafa en conjunto con el anteojos de medida.	ANSI/SEA Z87.1-2010	MSA	SEKUR				MSA	SOLTRAK
5	RESPIRADOR 3M 7500		1 año / Por deterioro	Material de pieza facial de silicona y plástico resistente al calor. Válvula de exhalación 3M Cool Flow II diseño de la válvula facilita la respiración y ayuda a reducir el calor y la humedad dentro la pieza facial. Arnés de uso dual para ser utilizado en la forma tradicional o en modo descendente (drop-down).	NIOSH 42 CFR	MSA	SEKUR				3M	SOLTRAK
6	CARETA FACIAL		5 meses / Por deterioro	Proporciona protección contra salpicaduras químicas. Apto para diversas aplicaciones en donde existe peligro de salpicaduras químicas. Con adaptador para visor y barbilla.	ANSI/SEA Z87.1-2010	MSA	SEKUR				-	SOLTRAK
7	GUANTE D/NITRILLO ANTIACIDO 12		1 mes / Por deterioro	Guantes resistentes a químicos de nitrilo verde (Nitrilo 100%), para uso en laboratorio. Ideales para proteger al contacto con combustibles, solventes y grasas, con un excelente nivel de agarre, destreza y comodidad.	EN 420:2003 (Requeriment generales) EN 316:2003 (Riesgos químicos y microbiológicos)	ANSELL	SEKUR				-	SOLTRAK
8	GUANTE DE BADANA		1 mes / Por deterioro	Guantes de badana.	EN 388:2003 (Riesgos mecánicos)	INDUSTRIAS MANRIQUE	INDUSTRIAS MANRIQUE				TECSEG	SOLTRAK
9	ZAPATO DIELECTRICO CON PUNTA ACRILICA		6 meses	Resistencia al desgaste, antideslizante y dieléctrico con puntera acrílica.	ANSI Z41	INDUSTRIAS MANRIQUE	INDUSTRIAS MANRIQUE					SOLTRAK / MARK
10	TRAJE DESCARTABLE		Diario	Traje descartable impermeable a líquidos y partículas. También resistentes productos químicos de baja peligrosidad y peligros biológicos. Capucha.	Tipo 5: UNE EN ISO 13982-1 (y 2) Tipo 6: UNE EN 13034 UNE EN 14326 EN 1073-2 EN 1149-5 EN 32781	MICROGARD	MEGAREP				-	SOLTRAK
11	TRAJE DE PROTECCION PARA QUIMICOS		Semanal	Buzo Microchem 3000 de Microgard, fabricado con tejido de 3 capas suave y flexible, con fuertes costuras soldadas y una eficaz barrera química contra la mayoría de productos químicos inorgánicos. Sistema de doble cremallera que asegura un sellado impermeable a líquidos. Doble puños para poner una goma y así permitir una unión impermeable a líquidos con grantes, con capucha.	Tipo 3-4: UNE EN 14601 Tipo 5: UNE EN ISO 13982-1(&2) EN14126 EN 1073-2 UNE EN 1149-5	MICROGARD	Microchem	s. Sistema de doble cremallera que asegura un sellado impermeable a líquidos. Doble puños para poner una goma y así permitir una unión impermeable a líquidos con grantes, con capucha.			-	SOLTRAK
12	OVEROL ANTI FLAMA		6 meses	Confeccionado en tela Drill Anti flama de 9 onzas, CAROLINA PROTECT TWILL 300, 100% Algodón de Alta Tenacidad. COLOR AZUL, Protección contra FUEGO REPENTINO Y ARCO ELECTRICO. Nivel de Riesgo HRC 2. ATPV- 13.2 cal/cm2.	CERTIFICADOS DE TELA: NFPA 70E, NFPA 2112, NFPA 3977, ASTM F1506.	BAVELA	BAVELA				ArTex	QSESAC
13	ARNES MULTIPROPOSITO/ARNE S PARA POSICIONAMIENTO Y DETENCIÓN DE CAIDA		12 Meses	Arnés de cuerpo entero usado como parte de un sistema de detención de caída y restricción (argolla dorsal en metal) Posicionamiento (argolla lateral dieléctrica) y sistema de descanso controlado (argolla frontal dieléctrica)	ANSI Z359 2007 Z-349.1 10-4 A	MSA		Para proteger la caída de personas de los trabajos en altura mayor a 1.80 mt		En áreas operativas: - Planta - Almacén - Talleres - Proyectos	MSA	ARSEG
14	CHALECO REFLECTIVO		6 meses	Chaleco color anaranjado 100% poliéster tecnología. Con cinta reflectiva 3M 8910 plomo-plata de 2" según norma ANSI 107.	Norma ANSI 107, EN471 y NFPA (para ropa reflectiva)						-	CONFECCIONES BILL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 10:30 horas del 19 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, EN UNA EMPRESA METALÚRGICA, LIMA-PERÚ, 2020.", Presentado por el / los autor(es) ROXANA YESSICA HUILLCA PANIURA, RUTH JERI GUILLEN estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
ROXANA YESSICA HUILLCA PANIURA	Unanimidad

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: FPRADOMA el 14 Ene 2021
16:12:32

FIDEL PRADO MACALUPU
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: AACOSTALI el 06 Ene 2021
15:23:43

ALDO ALEXI ACOSTA LINARES
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JPANTASA el 30 Dic 2020
17:55:13

JAVIER FRANCISCO PANTA SALAZAR
VOCAL (ASESOR)

Código documento Trilce: 102228



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 10:30 horas del 19 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, EN UNA EMPRESA METALÚRGICA, LIMA-PERÚ, 2020.", Presentado por el / los autor(es) ROXANA YESSICA HUILLCA PANIURA, RUTH JERI GUILLEN estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
RUTH JERI GUILLEN	Unanimidad

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: FPRADOMA el 14 Ene 2021
16:12:32

FIDEL PRADO MACALUPU
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: AACOSTALI el 06 Ene 2021
15:23:43

ALDO ALEXI ACOSTA LINARES
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JPANTASA el 30 Dic 2020
17:55:13

JAVIER FRANCISCO PANTA SALAZAR
VOCAL (ASESOR)

Código documento Trilce: 102228



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo (Nosotros), HUILLCA PANIURA ROXANA YESSICA, JERI GUILLEN RUTH identificado con DNI N° 45337632, 70378831, (respectivamente) estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, autorizo (autorizamos) (☒), no autorizo (autorizamos) (☐) la divulgación y comunicación pública de mi (nuestro) Tesis: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, EN UNA EMPRESA METALÚRGICA, LIMA-PERÚ, 2020".

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según lo estipulada en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

.....
.....

Lima 28 de diciembre de 2020

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
HUILLCA PANIURA ROXANA YESSICA DNI: 45337632 ORCID 0000-0003-2036-4795	Firmado digitalmente por: RHUILLCA el 24 Jun 2021 21:19:29
JERI GUILLEN RUTH DNI: 70378831 ORCID 0000-0003-4129-3797	Firmado digitalmente por: JERIGU el 24 Jun 2021 21:18:15

Código documento Trilce: 102227



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad
de los equipos de aire acondicionado, en una empresa
metalúrgica, Lima-Perú, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA INDUSTRIAL**

AUTORES:

Huillca Paniura, Roxana Yessica (ORCID: 0000-0003-2036-4795)

Jeri Guillen, Ruth (ORCID: 0000-0003-4129-3797)

ASESOR:

Dr. Panta Salazar, Javier Francisco (ORCID: 0000-0002-1356-4708)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedicamos exclusivamente a todas las personas que más han incidido en nuestras vidas, guiándonos, dándonos los mejores consejos y haciéndonos personas de bien.

Así también, se los dedicamos a nuestros padres que con su amor y aliento nos han venido apoyando en nuestro camino profesional.

Agradecimiento

Primeramente, agradecemos al Altísimo, por la fortaleza, sabiduría y paciencia brindada en cada momento, lo cual hizo posible poder culminar con nuestro informe de investigación.

Así mismo, agradecer a todos nuestros docentes por su esmero y dedicación para poder guiarnos en el trayecto profesional, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	9
III. METODOLOGÍA.....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación	28
3.2. Variables y operacionalización.....	30
3.3. Población, muestra y muestreo.....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5. Procedimientos	37
3.6. Método de análisis de datos.....	38
3.7. Aspectos éticos	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN	74
VI. CONCLUSIONES	78
VII. RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS.....	80
ANEXOS	81

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	36
Tabla 2. Validez del instrumento a Juicio de expertos-Universidad Cesar Vallejo.	37
Tabla 3. Productos y subproductos principales de la empresa.	43
Tabla 4: Equipos y maquinarias del área de Electrolisis.....	45
Tabla 5. Diagnóstico de la situación actual de la disponibilidad, abril a Julio.	50
Tabla 6. Diagnóstico de la situación actual de la confiabilidad, abril a Julio.	51
Tabla 7. Diagnóstico de la situación actual de la mantenibilidad, abril a Julio.	52
Tabla 8: Acta de compromiso de la alta gerencia.....	55
Tabla 9. Puntuación de los niveles de criticidad.	71
Tabla 10. Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF).....	75
Tabla 11: Herramientas y materiales para en plan de mantenimiento preventivo.....	40
Tabla 12. Post test de la disponibilidad, Setiembre a noviembre.....	60
Tabla 13. Post test de la confiabilidad, Setiembre a noviembre.	61
Tabla 14. Post test de la mantenibilidad, Setiembre a noviembre.	62
Tabla 15. Análisis comparativo de la disponibilidad de equipos.....	63
Tabla 16. Análisis comparativo de la confiabilidad.	65
Tabla 17. Análisis comparativo de la mantenibilidad.....	66
Tabla 18. Prueba de normalidad de la disponibilidad de equipos.	67
Tabla 19. Prueba de normalidad de la confiabilidad de equipos.	68
Tabla 20. Prueba de normalidad de la mantenibilidad de equipos.	68
Tabla 21. Estadígrafos.	69
Tabla 22. Comparación de la hipótesis general según estadísticas de muestras emparejadas.....	70
Tabla 23. Prueba T-Student de la disponibilidad de equipos.....	70
Tabla 24. Comparación de la hipótesis específica 1 según estadísticas de muestras emparejadas.....	71
Tabla 25. Prueba Wilcoxon referente a la confiabilidad.....	72
Tabla 26. Comparación de la hipótesis específica 2 según estadísticas de muestras emparejadas.....	72
Tabla 27. Prueba Wilcoxon referente a la mantenibilidad.	73

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Impacto comercial del sector metalúrgico en millones de dólares.	2
Figura 2. Exportación metalúrgica de Perú periodo 2017.....	3
Figura 3. Evolución del mantenimiento.....	15
Figura 4. Flujograma del mantenimiento preventivo.....	19
<i>Figura 5. Flujograma del mantenimiento correctivo.....</i>	<i>20</i>
Figura 6. Estructura del diagrama de Ishikawa	23
Figura 7. Estructura del diagrama de Pareto	24
Figura 8. Principales clientes de la empresa	40
Figura 9. Vista satelital de la empresa metalúrgica.	42
Figura 10: Mapa de procesos.....	44
Figura 11: Lluvia de ideas realizado en coordinación con el personal de mantenimiento. 46	
Figura 12: Falta de un plan de mantenimiento	47
Figura 13: Equipos de aire acondicionado en mal estado.....	47
Figura 14: Equipos de aire acondicionado inoperativos.....	48
Figura 15: Falta de repuestos en el almacén.....	48
Figura 16: Insuficientes herramientas y/o equipos para realizar el mantenimiento	49
Figura 17. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa.....	64
Figura 18: Plan de capacitación al personal.	64
Figura 19: Inventario de los equipos de aire acondicionado	65
Figura 20: Componentes de los equipos de aire acondicionado.....	69
Figura 21: Análisis de criticidad de los equipos.....	71
Figura 22: Nivel de criticidad de los equipos de aire acondicionado	73
Figura 23: Ponderación del grado de severidad.....	74
Figura 24: Ponderación del grado de ocurrencia	74
Figura 25: Ponderación del grado de detección.....	75
Figura 26: Costos de consumibles para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.....	37
Figura 27: Costos de Stock de repuestos para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.....	38
Figura 28: Costos de Lista herramientas para el Plan de Mantenimiento preventivo.	39
Figura 29: Costos de Lista de equipos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.	41
Figura 30: Costos de Lista de instrumentos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.	41
Figura 31: Flujograma del proceso de bloqueo y etiquetado de los equipos.....	44
Figura 32: Proceso de etiquetado y bloqueo por los trabajadores	46
Figura 33. Inducción de 5 minutos.....	46
Figura 34. Traslado de herramientas	47
Figura 35. Coordinación con los jefes de guardia.....	47
Figura 36. Verificación de energía 0.....	48
<i>Figura 37. Lavado de los equipos.....</i>	<i>49</i>
Figura 38. Montaje y/o colocación en su lugar de las piezas del equipo	49
Figura 39: Mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado tipo paquete.....	50

Figura 40: Inspección, verificación de corriente de equipos de aire acondicionado tipo paquete	52
Figura 41. Revisión del sistema eléctrico	53
Figura 42. Toma de parámetros de los equipos	54
Figura 43: Descripción del programa de mantenimiento	56
Figura 44: Epps necesarios para las actividades de mantenimiento preventivo.	57
Figura 45: Costos de Lista de EPP's y Uniformes para el Plan de Mantenimiento preventivo.	58
Figura 46: Costo de mano de obra	59
Figura 47: Costo anual del plan de mantenimiento preventivo	59
Figura 48. Disponibilidad pretest y post test	64
Figura 49. Confiabilidad pretest y post test	65
Figura 50. Mantenibilidad pretest y post test	67

Resumen

En el presente trabajo de investigación, se planteó como objetivo general determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, 2020; se empleó el método deductivo, con un estudio de tipo aplicada, nivel descriptivo explicativo y diseño preexperimental, con 12 semanas de pretest y post. La población lo conformaron 18 equipos de aire acondicionado y la muestra 9 equipos críticos. Las técnicas fueron la observación, análisis documental y el instrumento la ficha de recolección de datos.

La empresa no contaba con plan de mantenimiento, por ende, la disponibilidad inicial correspondió un 91.13%; luego de aplicar las mejoras, se obtuvo un 97.43%. De acuerdo con la significancia de $0.000 < 0.05$ en una estimación estadística T-Student, se hizo evidente una mejora luego de realizar el plan. Se concluyó que, el plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado.

Finalmente, se recomendó a los futuros investigadores, utilizar un software de mantenimiento de acuerdo con las necesidades de la empresa para optimizar tiempos y procesos. Asimismo, se sugirió profundizar el tema financiero a mayor detalle y los costos generales involucrados en el mantenimiento.

Palabras clave: Plan de mantenimiento preventivo, disponibilidad, equipos de aire acondicionado.

Abstract

In the present research work, the general objective was to determine to what extent the preventive maintenance plan improves the availability of air conditioning equipment in a metallurgical company, Lima, 2020; The deductive method was used, with an applied study of a descriptive-explanatory level and a pre-experimental design with a 12-week pre-test and 12-week post-test. The population consisted of 18 air conditioning units and the sample of 9 critical units. Observation and documentary analysis were used as a technique and the instrument was the data collection sheet.

The company did not have a preventive maintenance plan, therefore, the initial availability corresponded to 91.13%; After applying the treatment to the independent variable, a 97.43% was obtained, increasing by 6.3%. According to the significance of $0.000 < 0.05$ in a statistical estimation of the Student's T-test, a relevant improvement was evident after carrying out the plan. Therefore, it was concluded that the preventive maintenance plan did manage to significantly improve the availability of air conditioning equipment in the company.

Finally, future researchers are recommended to use maintenance software in accordance with the demands and needs of the company to optimize times and processes. Likewise, it was suggested to deepen the financial issue in greater detail and the general costs involved in maintenance in order to propose new improvement strategies.

Keywords: Preventive maintenance plan, availability, air conditioning equipment.

I. INTRODUCCIÓN

En el primer capítulo, se describirá la realidad problemática en estudio a nivel mundial, nacional y de la empresa, a partir de la información encontrada de fuentes confiables; luego de ello se realizará el propósito de la investigación que comprende la justificación teórica, práctica, económica y social. Seguidamente, se formulará el problema, se plantearán los objetivos e hipótesis general y específicos de la investigación.

En la actualidad, las empresas globales del sector metalúrgico desarrollan un papel fundamental en la cadena de valor de múltiples industrias manufactureras de los países en desarrollo, buscan la manera de ser más competitivos y mejorar sus productos y servicios adaptándose continuamente a los cambios generacionales con la ayuda de modernas herramientas tecnológicas. Así mismo, tratan de mantener el proceso productivo lo más constante posible sin interrupciones durante todo el año, con la mínima cantidad de averías imprevistas de los equipos, asegurando la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los activos.

Para mantener el proceso productivo y los equipos en buenas condiciones, el mantenimiento industrial ha tomado gran importancia dentro de las empresas en los últimos tiempos, ya que una vez aplicado en ellas se obtenían múltiples ventajas, incluso llegando a ser una herramienta primordial para la supervivencia del sector, sin embargo, en un principio era considerado como un mal necesario para las industrias, debido a que únicamente eran destinados a ejecutar las reparaciones en una parada de la producción (mantenimiento correctivo) o en un momento de retraso, así fuese por falla total o parcial de los equipos.

Por otro lado, en el ámbito del crecimiento económico del mercado metalúrgico, el desarrollo tecnológico requirió una disminución de la oferta y un incremento del empleo de los metales; así a mediados de 2016, se ha podido observar una tendencia positiva de la demanda después de 8 años, esto a su vez, impulsada por la desvalorización del dólar estadounidense. Por consiguiente, se registró el aumento de los precios de los metales de la siguiente manera: (a) aluminio 37%, (b) cobre 44%, (c) níquel 53% y (d) zinc aumentó al doble. (Coface

Economic Research Department, 2018, p. 2). Sin embargo, en el periodo 2017-2019 la situación de la subida de precios por el aumento de la demanda podría haber forzado a los consumidores finales optar por materiales sustitutos.

Sin embargo, a febrero de 2020, se mostraron estadísticas del impacto comercial en el sector metalúrgico considerado por la epidemia COVID-19 en millones de dólares. Hoy en día, China es el fabricante de alrededor del 20% de los productos semi-terminados comercializados en la Supply Chain a nivel mundial, lo que representa un fragmento crítico en la cadena de valor del sector. En consecuencia, a lo anterior, la industria de la Unión Europea, se estima que tenga pérdidas mayores a mil millones de dólares norteamericanos a causa de la disminución de las exportaciones chinas y las interrupciones comerciales por la pandemia en un 2%. (Fernandez, 2020).

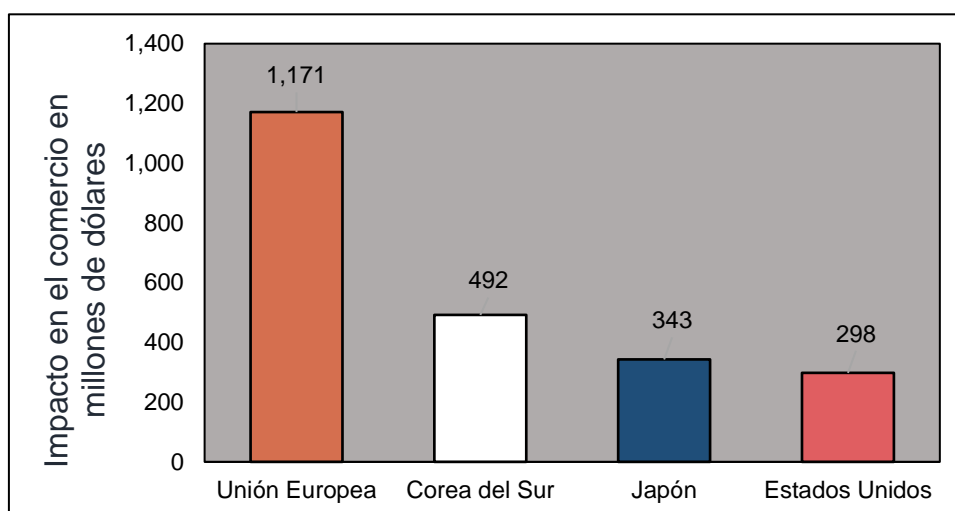


Figura 1. Impacto comercial del sector metalúrgico en millones de dólares.

En el ámbito peruano, dentro del contexto socioeconómico, la industria metalúrgica es principio de la riqueza. De acuerdo con los especialistas de la comisión de la Promoción peruana para la exportación y el turismo detallaron: “La exportación metalúrgica se expande en un 17% y alcanza los 1,038 millones de dólares estadounidenses para el 2016 y 298,270.354 millones de dólares estadounidenses para el 2017” (Agencia peruana de noticias, 2018). Los envíos en donde se concentraron primordialmente fueron: (a) Colombia, (b) Bélgica, (c) Estados Unidos, (d) Alemania, (e) Ecuador, (f) Bolivia, (g) Sudáfrica y (h) Chile. El

aumento fue incitado por el progreso de las ventas del alambre de cobre y el zinc sin alear.

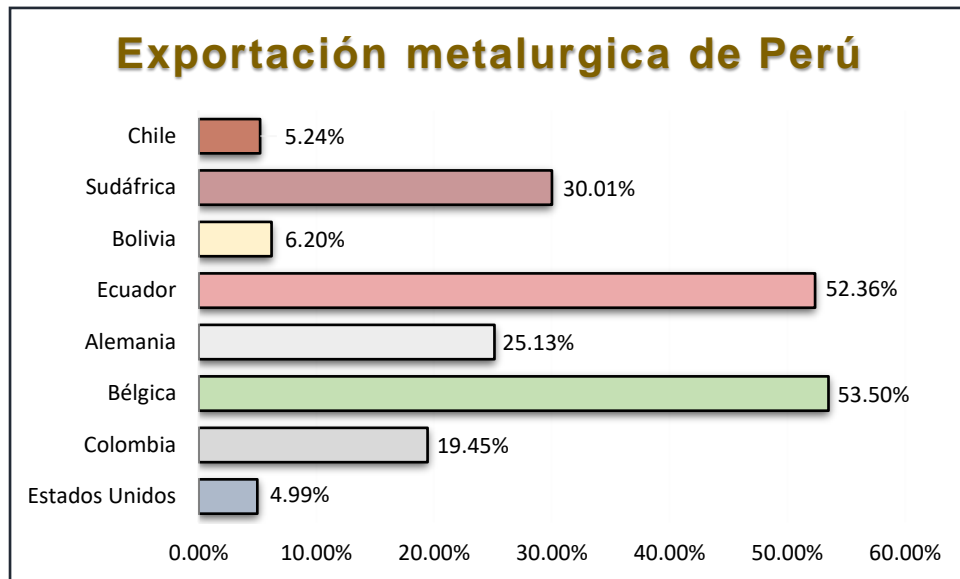


Figura 2. Exportación metalúrgica de Perú periodo 2017.

En referencia al mantenimiento preventivo como ventaja competitiva, en muchas partes del país hay empresas quienes lo estuvieron aplicando desde hace mucho tiempo atrás y les ha resultado provechoso, así como también existen empresas que no lo tomaron en cuenta por falta de un análisis y conocimientos previos de los beneficios principales a largo plazo que este trae, lo tomaron como una inversión innecesaria. Asimismo, en otras compañías ocurre que todavía esperan a que el equipo falle y deje de funcionar para intervenir, por lo que optan por el mantenimiento correctivo, no es una buena opción en algunas circunstancias porque genera altos costes de reparación y sitúa en peligro a la seguridad de los trabajadores.

En tal sentido, las exigencias son mayores para poder alcanzar la máxima eficiencia en las industrias, esto implica la obligación de implementar soluciones que mejoren la disponibilidad de los equipos, la vida útil y permitan asegurar el estado del manejo constante de los servicios con la mínima cantidad de paradas no programadas.

A nivel de la empresa, se ha podido identificar las causas del problema que afectan a los equipos de aire acondicionado; lo cual para analizar los factores que generan una baja disponibilidad, se emplearon el diagrama de Ishikawa, Pareto y los 5 porque como se muestran en las figuras 14 y 15, tabla 18 del anexo N° 6, en base a la información conseguida de la lluvia de ideas. Este diagrama sirve para explorar las causas potenciales o reales que explican el efecto de interés.

Como resultado del análisis de Ishikawa, la empresa en estudio presenta las siguientes causas principales que se pudieron encontrar: Falta de un plan de mantenimiento, los equipos se encuentran en mal estado o inoperativos, no hay repuestos básicos en el almacén, etcétera y todo eso hace que impacte negativamente en la empresa. Por tal motivo, se desea determinar a través de esta investigación lo siguiente, ¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020?

Teniendo en consideración la descripción de la realidad problemática y el propósito de la investigación se plantean los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020?

PE2: ¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020?

La justificación del presente estudio se precisa de la siguiente manera de acuerdo con algunos autores: “La justificación teórica tiene la finalidad de generar debate y reflexión acerca de los conocimientos existentes; además, se busca demostrar resultados de un patrón” (Bernal, 2010, p. 106). Así mismo, “pretende que los resultados conseguidos de la investigación logren incorporarse y adentrarse al conocimiento científico, también servirá para ocupar espacios o vacíos existentes” (Carrasco, 2009, p. 119).

De los autores y la propuesta del informe de investigación, el estudio se justifica teóricamente porque se basó en el aporte de los conocimientos previos, empleando teorías y conceptos de las variables y sus respectivas dimensiones. De igual modo, con el trabajo en estudio se buscó obtener soluciones de las

circunstancias que impactan a la empresa a través de una mejora y posterior a ello, se hizo una contrastación con los resultados obtenidos en investigaciones anteriores y actuales.

“La justificación práctica es considerada en el estudio cuando su desarrollo coadyuva a resolver problemas y plantea estrategias que al aplicarlo contribuiría a resolverlos (Bernal, 2010, p. 106). También, “la investigación servirá para resolver problemas prácticos en materia de estudio” (Carrasco, 2009, p. 119).

De los autores y la propuesta del informe de investigación, se justifica de forma práctica, porque existe la necesidad de proporcionar una mejora en el problema de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado a través de una serie de procedimientos que involucra llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo para conseguir mejores resultados de los indicadores y maximizar la vida útil de cada equipo en beneficio de la organización.

Rios (2017), expresó: “La justificación económica muestra beneficios económicos con respecto al resultado a estudiar” (p.54). Por otra parte, (Carrasco, 2009), mencionó que el propósito de la justificación económica es “proporcionar suficiente información de los costos y los beneficios del proyecto con el fin de mostrar la rentabilidad económica”.

De los autores y la propuesta del informe de investigación, se justifica económicamente, porque se pretende disminuir los costes de mantenimiento correctivo ya que, al elaborar y cumplir el plan de mantenimiento, se reduciría notablemente las paradas correctivas, las paradas productivas y se evitarán los daños de los componentes en el futuro.

Hernandez, Fernandez y Baptista (2014) definieron: “La justificación social está orientada a responder los siguientes interrogantes: ¿cuál es la importancia de la investigación a la sociedad?, ¿Quiénes serán beneficiados con los resultados de la investigación y ¿de qué forma?”. De igual forma, Carrasco mencionó que “los resultados de la investigación posibilitarán la elaboración y el diseño de técnicas, equipos e instrumentos para producir bienes científicos, económicos para el desarrollo de los procesos en general” (2009, p.119).

De los autores y la propuesta del informe de investigación, se justifica socialmente, porque se buscó motivar el trabajo en equipo, la competitividad y mejorar el desempeño en la empresa, permitiendo que esto se acople a los requerimientos del mercado cada vez más exigentes, por lo que se necesita una actuación inmediata para adelantarse a las fallas que se presenten de forma temprana.

Una vez justificado el informe de investigación, se formula el objetivo general que consiste en determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, en una empresa metalúrgica, Lima-Perú, 2020. Así también, los objetivos específicos fueron:

OE1: Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

OE2: Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

En referencia al objetivo general y los objetivos específicos planteados, se proponen las siguientes hipótesis:

Hi. El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Ho. El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Asimismo, se formularon las hipótesis específicas:

HE1: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

HE2: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

En el segundo capítulo, se abordará una síntesis de los trabajos previos a nivel internacional y nacional, llevados a cabo por otros investigadores en relación con el estudio. De igual modo, se proseguirán con las teorías relacionadas al tema en donde se definirán en base de autores a las variables dependiente e independiente con sus respectivas dimensiones para un mejor entendimiento, que serán sustentados con revistas de artículos científicos, tesis, libros, entre otros.

Cruz, Osorio, y Salguero (2019), realizaron una investigación titulada: “Formulación de programa de mantenimiento preventivo de sistema fotovoltaico para empresa de industria textil de El Salvador”, cuyo objetivo se basó en el desarrollo de un manual de mantenimiento preventivo en sistemas fotovoltaicos montados en techo y piso para la planta industrial “El Ángel” que pertenece al sector textil. La metodología que se utilizó tuvo un enfoque cuantitativo y fue de tipo aplicada. Para el recojo de datos se empleó la observación e información de fuentes bibliográficas. Finalmente, se llegó a concluir que al desarrollar un programa de mantenimiento se logra un mayor monitoreo de los equipos, debido a que los mantenimientos correctivos se reducirían respecto a la actualidad. Del mismo modo, con el programa de mantenimiento preventivo se busca minimizar las fallas y obtener un aumento de la producción de energía eléctrica manteniendo una disponibilidad por encima del 90%.

Ypanqué, Chucuya y Paredes (2017), presentaron un artículo titulado: “Mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de una grúa de 50 toneladas”, se tuvo como objetivo que la presente investigación se realizara con el fin de incrementar la disponibilidad y confiabilidad de la grúa Luguensi EIRL de 50 toneladas. La metodología utilizada fue concluyente, descriptiva - explicativa, con un diseño de investigación experimental en la categoría pre-experimental. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los datos se recolectaron a través de reportes de fallas, matriz de criticidad y cuestionario de mantenimiento donde se identificaron las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de la grúa, sus elementos más críticos y el sistema de gestión actual; Además, se utilizó un registro de datos y dos formatos para el diseño del programa de mantenimiento; Además, se elaboró un formato que muestra la implementación

del programa de mantenimiento preventivo, luego de lo cual se evaluaron los indicadores para verificar si aumentaban. Finalmente, se concluyó que luego de implementar el programa de mantenimiento preventivo, la disponibilidad inicial aumentó en 0.04% y la confiabilidad en 3.26%; alcanzando una disponibilidad del 98,96% y una fiabilidad del 71,19%.

Romero (2017), en su trabajo de investigación titulado: “Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas y/o equipos de la empresa metalmecánica AYD Pioneer S.A.C. incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional”, con el objetivo de ordenar, incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional, y así evitar paros innecesarios por fallas y consecuentemente evitar pérdidas. La metodología utilizada fue tipo aplicada. Se concluye que al elaborar un listado del inventario actualizado y ordenado, se identificaron un total de 24 máquinas y / o equipos, todos ellos con sus códigos designados que facilitarán su ubicación, así como su referencia en las órdenes de mantenimiento. cómo permitir un registro histórico de intervenciones y fracasos. Asimismo, los indicadores de mantenimiento inicial obtenidos a través de la evaluación son bajos, obteniendo un promedio de los indicadores de disponibilidad de la máquina del 52,60%, confiabilidad del 59,54%, mantenibilidad del 77,20%, esto debido a la falta de un plan o programa de mantenimiento preventivo.

Cruz (2016) presentó un artículo titulado: "Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en mejorar la confiabilidad en la disponibilidad de la máquina y circulando en la empresa textil WG. SAC", orientado a diseñar y proponer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en confiabilidad y disponibilidad. La metodología utilizada fue de diseño no experimental. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los indicadores medios de mantenimiento de las máquinas circulares en la etapa inicial fueron: fiabilidad 13,62% y disponibilidad 82,03% y al momento de aplicar el plan de mantenimiento. mantenimiento preventivo se obtuvo que los indicadores de mantenimiento en estado de mejora fueron 98.5% disponibilidad y confiabilidad 85.5%.

Barahona (2015) en su tesis titulada: “Propuesta para implementar un plan de mantenimiento preventivo de un horno de incineración”, se propuso en determinar los procedimientos necesarios para establecer la manera de cómo se

debe efectuar un plan de mantenimiento conveniente, para alcanzar la disponibilidad y confiabilidad que posibiliten conservar una adecuada función del horno en buenas condiciones. La metodología utilizada en la investigación es de tipo documental y para la recopilación de la información se utilizó las fichas de registro. Finalmente, se llegó a la conclusión de que la implantación del plan preventivo posibilitará encontrar las deficiencias en el funcionamiento del proceso de incineración para optimizar la calidad del proceso productivo. Así mismo, permitirá mantener los equipos bajo las condiciones adecuadas para un buen funcionamiento y se cumplan con las normas de calidad, seguridad y medio ambiente cerciorándose de obtener una disponibilidad y confiabilidad adecuadas.

Torres, Camacho y Perez (2015), realizaron una investigación titulada: “Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento preventivo para las centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Estelí”, el proyecto tuvo como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de refrigeración en base al historial de fallas. La metodología de la investigación fue de tipo cuali-cuantitativa. Se concluyó que, al aplicar el plan propuesto, se logren minimizar los costos, se mejore la calidad de servicios, se garantice la confiabilidad en las operaciones y así poder extender la vida útil de los componentes de los equipos centrales y los compresores.

Buelvas y Martinez (2014), en su tesis titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L”, tuvo como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos tractocamiones, con el fin de mejorar el desempeño operacional, salvaguardando la seguridad y reducir el impacto ambiental. La metodología aplicada en esta investigación fue de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. La conclusión a la que se llegó en la investigación fue que se crearon formatos de orden de servicio para asegurar la operatividad del plan de mantenimiento preventivo, una lista de chequeos, entre otros, para conseguir un trabajo controlado y sistemático de mes a mes.

Alba y Chinchay (2019) presentaron un trabajo de investigación titulada: “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos-unidad cuidados intensivos, Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz,

2018". Este trabajo tuvo como objetivo determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de la empresa en estudio. La metodología utilizada en esta investigación es de tipo aplicada, tuvo un nivel explicativo, enfoque cuantitativo y diseño preexperimental; donde la población y la muestra estuvieron conformada por 20 equipos biomédicos. Para la recolección de datos se usaron la observación directa, las fichas técnicas, la programación de actividades, revisión de los equipos conforme a las órdenes de trabajo y control de registro de mantenimientos respectivo a los años anteriores. Por último, se llegó a la conclusión que el plan de mantenimiento preventivo mejoró la disponibilidad de los equipos alcanzando un 94% de confiabilidad como resultado final. Esto quiere decir, la disponibilidad de los equipos aumentó un 8%, en mejora de la calidad de atención hacia los pacientes en servicios y mayor confianza de los trabajadores en el hospital de la investigación.

En relación con Espinoza (2018) desarrolló un proyecto de investigación titulado: "Aplicación de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la sala de compresores en la empresa Envases de Vidrio S.A.C., 2018", se tuvo como objetivo general determinar en qué medición la aplicación de mantenimiento preventivo mejorará la disponibilidad de la sala de compresores. La metodología utilizada es de tipo aplicada, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, diseño cuasiexperimental; con una población y muestra en la sala de compresores de 8 máquinas y utilizando como técnica en la recolección de datos la observación. Finalmente, se concluye que mediante la aplicación del mantenimiento preventivo se mejoró la disponibilidad de los equipos en la sala de compresores en un 21.4%. Por consiguiente, se logró el objetivo de la investigación que fue mejorar la disponibilidad de los equipos en la sala de compresores porque hubo un aumento de un 74.5% inicial a un 95.9% final.

Limache (2018) a través de su investigación "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC en la Unidad Alparmarca", cuyo objetivo principal fue la proposición de procedimientos de mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de la empresa en estudio. La metodología utilizada fue una investigación básica, nivel

descriptivo-explicativo, con diseño descriptivo causal comparativa; donde la población estuvo conformada por 7 equipos trackles de la Minera Volcán-Unidad Alpamarca y la muestra fue 2 equipos trackles. Los datos fueron recogidos por fichas de trabajo, de observación y de registro. Se concluyó que con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo se consiguió el incremento de la disponibilidad de los equipos en un 12.3%.

Castañeda (2017) presentó un trabajo de investigación titulado: “Plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 55000 para mejorar la disponibilidad de las máquinas y equipos de la empresa metalmecánica MAZ Ingenieros Contratistas S.A.C.”, cuyo objetivo general fue elaborar y simular el plan de mantenimiento preventivo a fin de aumentar la disponibilidad de las máquinas y equipos, previniendo en lo realizable las fallas y paradas de éstos durante el proceso de producción. El estudio fue de enfoque cuantitativo y de diseño preexperimental; donde la población estuvo formada por 23 maquinarias y equipos. Las técnicas de recopilación de datos fueron la observación y la entrevista. Finalmente, se concluyó que con los resultados obtenidos se pudieron verificar la eficiencia del plan de mantenimiento, logrando una disponibilidad del 94% y mejorando en un 25% los indicadores del mantenimiento. Así mismo, se realizaron formatos de mantenimiento para una revisión periódica.

De la investigación, se obtendrá un aporte académico en referencia a la información estratégica alcanzada, con ello se propondrá elaborar el plan de mantenimiento preventivo. Este servirá para tener conocimiento de las frecuencias de mantenimiento y así minimizar las fallas y costes de paradas no programadas.

En cuanto a las teorías relacionadas al tema, es aquí donde se definen y analizan los puntos principales que engloban a todo el proyecto de investigación, comprende:

Mantenimiento: Conjunto de métodos o procedimientos lo cual, tienen como objetivo lograr utilizar los bienes productivos de manera óptima, conservándolos en óptimas condiciones para un proceso productivo eficiente con las mínimas cantidades de gastos. De tal forma, se asegura que realizar un buen mantenimiento de los equipos e instalaciones muestre como resultados una mayor disponibilidad y un eficiente funcionamiento controlado de los activos. (Mendez y Fuerte, 2018, p. 8)

Se puede definir al mantenimiento como “una serie de técnicas destinadas a la conservación de las instalaciones y equipos operativos por más tiempo, así mismo; se busca conseguir mayores utilidades e incrementar la disponibilidad de estos”. (García, 2010, p. 1).

Historia del mantenimiento: Desde la aparición de las primeras herramientas en la historia, el hombre prehistórico ha proseguido una evolución técnica junto con las actividades productivas, hasta el punto de haber llegado a tener la necesidad de conservar en buenos estados a sus maquinarias. Las averías y/o fallas en los equipos se daban a causa de que las capacidades de estos eran llevadas hasta el límite de trabajo, hasta el punto de no poder realizar sus funciones, de tal modo que el mantenimiento lo obtenían cuando era imposible utilizarlas. A esto se le conoce como “Mantenimiento ante el fallo”. Este tipo de fallas se siguen dando hasta el día de hoy, pero la frecuencia ya es menos por que el mantenimiento ha ido evolucionado con el paso del tiempo. Esto se puede observar cronológicamente por generaciones y cada una de ellas presenta una metodología característica en particular. A continuación, se presentan las cuatro generaciones de evolución por las que el mantenimiento ha tenido que ir avanzado. (Barrera, 2015).



Figura 3. Evolución del mantenimiento

Primera generación: La primera generación o etapa del mantenimiento se caracterizó por el tipo de mantenimiento correctivo y cubrió el periodo hasta la segunda guerra mundial. En aquellas épocas, el (MTBF) conocido como tiempo medio entre fallas no eran tan importantes porque las industrias no tenían un proceso tan mecanizado. Las maquinarias que existían eran sencillas y muy fáciles de repararlas. El mantenimiento consistía solo en realizar la lubricación y limpieza, de tal manera que no era complejo el procedimiento, tampoco se requería de personal altamente calificado para desarrollarlo. (Barrera, 2015).

Segunda generación: En la segunda generación, durante el lapso de la segunda guerra mundial, la mano de obra en la industria disminuyó considerablemente y a la vez la demanda de los productos se incrementó. Es por ese motivo que, por necesidad de cubrir esa demanda, la mecanización tuvo que aumentarse.

Las industrias tuvieron que adaptarse e incorporarse al nuevo cambio de mecanizarse y a depender de los equipos cada vez más y más, también la complejidad de los equipos aumentó. A partir de esto, se comenzó a pensar en técnicas que sean efectivas para disminuir el tiempo entre fallas, a causa de que

las paradas de los equipos y maquinarias se convertían en más críticas. Al final, se concluyó en que la manera óptima para ese problema de averías era en prevenirlas.

Hasta el año de 1970, el tipo de mantenimiento que se estaba aplicando para las reparaciones, se basaba en realizar paradas programadas totales en cada cierto tiempo. Al incrementarse el control de los equipos, también incremento los costes de mantenimiento. Haciendo frente a esto, las empresas comenzaron a establecer nuevos sistemas de control y programación del mantenimiento preventivo. (Barrera, 2015).

Tercera generación: A mitad de los años 70, se tuvieron que experimentar cambios más importantes dentro de la empresa con respecto al mantenimiento.

Paulatinamente, el proceso de mecanización fue creciendo, hasta demostrar que los ciclos improductivos tienen efectos negativos en los costes, la producción y del servicio al cliente. Igualmente, si los sistemas productivos se van dirigiendo y están más cercanos a la producción JIT (Justo a tiempo), que consiste en tener un inventariado más reducido, puede ocasionar que toda la planta pare sus procesos por una falla pequeña.

También, las nuevas indagaciones se están encargando de cambiar algunas creencias esenciales del mantenimiento. En el caso de la conexión, como ejemplo, precedentemente existía entre la funcionalidad de un equipo que tiene en el tiempo y la probabilidad de que este falle. Hoy en día, después de muchas investigaciones y estudios con referencia al tema, se han podido determinar y demostrar que la relación entre ambas variables no es directa como se tenía la creencia.

Ahora las empresas toman en cuenta algunos aspectos también importantes como es la seguridad industrial y el impacto ambiental. En base a estos determinantes, el mantenimiento ha empezado a tomar actividades cada vez más costosas y complejas de realizar. (Barrera, 2015).

Cuarta generación: En los años 90, el mantenimiento industrial se ha singularizado por sistematizar las actividades, los procedimientos y las estrategias. Los avances tecnológicos como la automatización asistida por un computador del proceso favorecen a lograr un nivel mayor de confiabilidad de las máquinas y los equipos.

El proceso sistematizado se ha encargado de definir y ordenar por etapas al mantenimiento como es: la recolección de datos, el diagnóstico, los conceptos de las estrategias, la planificación, la programación, el control y por último la optimización. En cada etapa se han creado distintas herramientas informáticas con diferente forma de aplicación que facilitan y posibilitan la automatización sistematizada por un ordenador de todos los procesos.

Es por eso por lo que, en la actualidad, la ingeniería encargada del mantenimiento se va a encargar de la profundización e investigación de obtener herramientas y métodos cada vez mejores para la automatización por ordenador mencionada anteriormente y conseguir de esta manera que su implementación sea más accesible en distintos rubros de las empresas. (Barrera, 2015).

Objetivos del mantenimiento: El objetivo principal de todo mantenimiento no se trata solo de reparar con urgencias las fallas que se presenten. El área de mantenimiento de toda empresa industrial tiene estos objetivos en el que deben enmarcarse en el trabajo.

- Llegar a cumplir un valor específico de disponibilidad en los equipos
- Llegar a cumplir un valor específico fiabilidad en los equipos
- Garantizar una vida útil larga de las instalaciones de la empresa en su conjunto.

Conseguir el cumplimiento de los objetivos anteriores con un presupuesto normalmente óptimo. (Renovetec, 2013).

Existen distintos **tipos de mantenimiento** los cuales son:

Mantenimiento preventivo: El mantenimiento preventivo se encarga de conservar en estado de buen funcionamiento a los equipos por medio de planes supervisados a desarrollarse en puntos determinados. A este tipo de mantenimiento es conocido como mantenimiento proactivo, planificado o basado en el tiempo, ya que se suele trabajar con información de los fabricantes o con datos estadísticos acerca de las averías comúnmente efectuadas en los equipos, por eso también se le llama “planificado” que vendría a ser el significado como pieza clave del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en generar planes en conjunto que se deben llevar a cabo en una fecha programada, con recursos humanos disponibles, materiales, los repuestos y las herramientas adecuadas para la reparación. Este mantenimiento va a evitar las detenciones de los equipos no programados, que se producen ya que el personal a cargo esta con la costumbre de hacer trabajar a los equipos y, maquinas por lapsos de tiempo sin encargarse de realizar un mantenimiento porque ellos tienen la velocidad adecuada para reaccionar a ese acontecimiento de falla bajo presión.

Sin embargo, se tienen que evitar trabajos así precipitadamente a causa de que algunas de las zonas donde se labora tienen un alto nivel de peligrosidad. Por ello se pueden seguir las medidas preventivas mostradas a continuación:

Tareas de mantenimiento: Son los trabajos que se efectúan para eludir las averías, entre las actividades se tiene a las inspecciones visuales, la limpieza, la lubricación y algunos ajustes.

Mejoras y cambios en las instalaciones: Las fallas no programadas se pueden aminorar si se superponen algunas mejoras, como es el cambio en el diseño de pieza e instalaciones, en materiales, en la instalación de métodos de detección.

Cambios en los procesos de trabajo: Si bien es cierto, los operarios son los que laboran a diario con los equipos y perpetuamente se puede hacer algo para que las fallas se puedan evitar, si se realiza un cambio en la forma en que el trabajador opera a las maquinas sería un aporte en el proceso de mucha utilidad. Lo que se necesitaría para ello sería una inversión en las capacitaciones en apoyo

de los supervisores (medida con menos costes), para rehuir que los operarios se opongan al nuevo cambio que se desea implementar y desarrollar.

Cambios en los procesos de conservación: El hecho de que sucedan algunas fallas también pueden ocurrir porque el operario encargado de realizar el mantenimiento no desarrolla de manera adecuada su trabajo, pero esto tiene solución al crear procedimientos de trabajo por escrito que incluya información relevante de tolerancias, cambios, ajustes. (Chang, 2008).

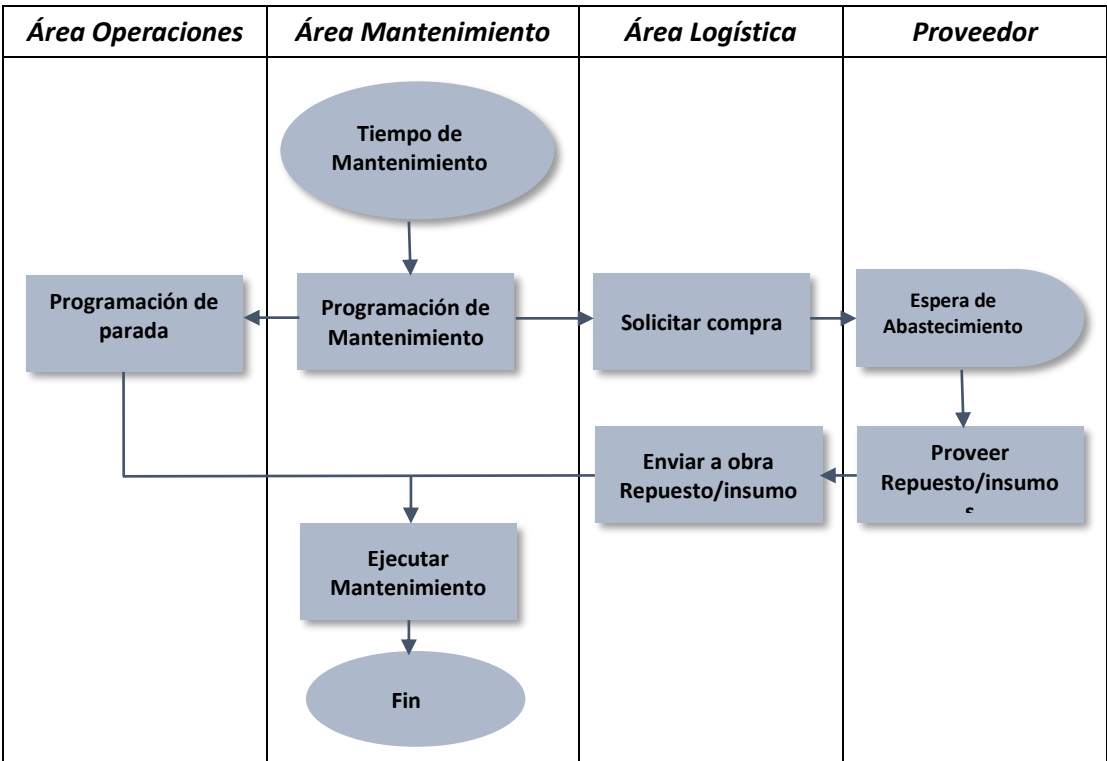


Figura 4. Flujograma del mantenimiento preventivo.

Mantenimiento correctivo: Como plantea Gonzales (2005), el mantenimiento correctivo se va a encargar de corregir las problemáticas que se van mostrando en las maquinas a medida que los clientes los van haciéndolo saber, en otras palabras, en aquí es donde se esperan a que las averías o fallas ocurran para que los trabajadores a cargo del mantenimiento tomen acción. Entonces este mantenimiento es significativo ya que no se consideraría en tener un método de gestión del mantenimiento si no se cuenta con un procedimiento efectivo de mantenimiento correctivo. Siempre existirá este tipo de mantenimiento, porque

siempre existirán fallas y averías de forma no prevista, todo modelo que se encuentre con el 100% de orientación de evitar fallas poseerá muchas problemáticas cuando los desperfectos surjan y no les sea posible solucionar de la forma más rápida.

Una gran parte de las empresas emplean el mantenimiento correctivo por más tiempo que llevando a cabo el mantenimiento predictivo o preventivo. Es así como en algunas industrias se puede ver que solo existe este tipo de mantenimiento reactivo que realizan.

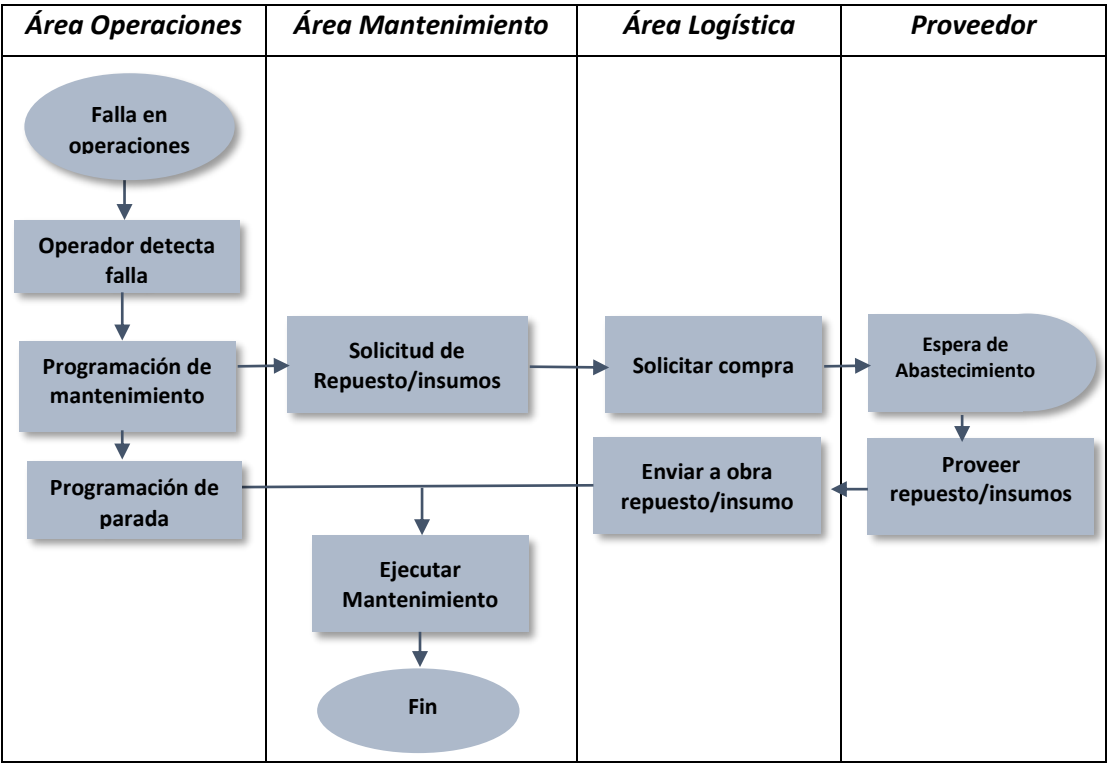


Figura 5. Flujoograma del mantenimiento correctivo.

Mantenimiento predictivo: El mantenimiento predictivo se ejecuta después de que exista un seguimiento de las variables más importantes y críticas de algunos equipos. Estas variantes se miden con intervalos definidos de tiempo con el fin de que se pueda pronosticar algunas fallas de funcionamiento de los equipos y se puedan realizar el proceso de mantenimiento adelantándose a que estas fallas no programadas puedan ocurrir. Las más comunes y conocidas son: La presión, la

temperatura, el nivel de partículas vigentes en los aceites usados, las vibraciones, los ruidos, la viscosidad, también se realizan ensayos no destructivos usando el ultrasonido o algunos compuestos como el tinte penetrante. Este mantenimiento ayuda en el ahorro energético de los equipos, minimiza la cantidad de carga laboral, incrementa la productividad, aumenta la eficiencia y la facilidad de los procesos. (Chang, 2008, p. 11).

Mantenimiento productivo total: El mantenimiento productivo total (TPM), es una perspectiva japonesa que ambiciona aumentar la eficiencia y la productividad de los equipos de toda empresa. Es un modelo que se enfoca en el trabajo en grupo, la mejora continua, la proactividad, para las tareas repetitivas y sencillas con la finalidad de mejorar esa competitividad. Este modelo tiene beneficios encargados de reducir los costes de mantenimiento, aumento del tiempo disponible, de la vida útil y el estímulo de los trabajadores. El mantenimiento productivo total mejora la calidad de los productos porque las maquinas se encuentran en perfectas condiciones, así evitando los productos defectuosos y los tiempos muertos. (Chang, 2008).

Sin embargo, el concepto del TPM puede tener fallas si es que no se toman en cuenta las consideraciones de forma adecuada sobre el dinamismo de este mismo. Posee algunos pilares que se corresponde entre sí para su correcto funcionamiento como:

- Mantenimiento para la previsión de averías.
- Prevención del mantenimiento.
- Mantenimiento autónomo.
- Entrenamiento de los trabajadores.
- Eliminación de los desperdicios (6 pérdidas).

Pasos para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo: Para comenzar a desarrollar un plan de mantenimiento preventivo se deben considerar lo siguiente:

- a) En este paso principal, se va a fundamentar en juntar una fuerza laboral que empiece y efectúe el plan de mantenimiento preventivo. Se asigna a un trabajador como el jefe de ese grupo, asimismo es de importancia contar con

el apoyo y el compromiso de la directiva para que el plan se pueda cumplir exitosamente.

Una vez que se dé por anunciado el plan y contar con una organización formada necesariamente, la fuerza o grupo de trabajo deberá empezar con las actividades de la conformación del plan.

- b) En el segundo paso, se hace una hoja de registro del inventario de todos los equipos vigentes en las operaciones como son las máquinas, piezas, repuestos, infraestructura, también se deberán hacer una descripción de las instalaciones, la ubicación, el tipo y su importancia. Se codifica todo lo mencionado para identificar más fácilmente y ayude en los procesos de identificación de las ubicaciones. Los códigos asignados deben contener la ubicación, el tipo y el número de maquinaria.
- c) En tercer lugar, se realizan las ordenes de trabajo, este es un escrito en donde se describe los procesos a realizar para cada tarea de conservación. Tiene la intención de mostrar cada detalle de las tareas de todo plan de mantenimiento preventivo. En las especificaciones de la labor tiene que señalar detalles como el número, la ubicación del equipo, los técnicos necesarios para dicha intervención, que componentes son los que se reemplazaran, las herramientas adecuadas, equipos y procesos seguros de trabajo que se deben seguir.
- d) En el cuarto paso está el plan de mantenimiento, que corresponde a ser un listado de todas las tareas y tiempos específicos necesarios para las actividades de mantenimiento a desarrollar. Al ejecutarse se debe realizar con orden y cuidado para balancear los trabajos y lograr los requerimientos productivos.

Se debe considerar como punto importante que constituir el plan de mantenimiento lleva tiempo y se debe esperar con paciencia los resultados ya que no son inmediatos, pero a la larga se observará paulatinamente el progreso del plan y los beneficios logrados. (Ramos, 2017).

Diagrama de Ishikawa: De acuerdo con Cruz y Gonzales como se citó en Rojas (2019), refirieron que una buena elaboración del diagrama de Ishikawa contribuirá en la comprensión visual de las causas encontradas de los problemas, es una herramienta asequible que también tiene el nombre de diagrama del árbol, causa-efecto, o el diagrama de la espina de pescado. Es una gráfica que en el centro de este tiene una línea que representa el problema primordial, es de allí de donde se dependen líneas que son agrupadas para algunas posibles causas en conjunto: maquinaria, mano de obra, método, medición, material y medio ambiente, sin embargo, estas categorías no son obligadas, pero si es recomendable es uso de cualesquiera de ellas que sean apropiadas para cada investigación.

Para alcanzar un mejor rendimiento en la búsqueda de las causas probables, se tiene que ejecutar sesiones de creatividad o una tormenta de ideas. Este diagrama puede parecer sencillo, pero se debe realizar un buen diagnóstico y correcta aplicación para que se obtengan resultados, por ello tiene las ventajas de:

- Proveer una metodología razonable para resolver problemas.
- Sistematiza las causas posibles del problema.

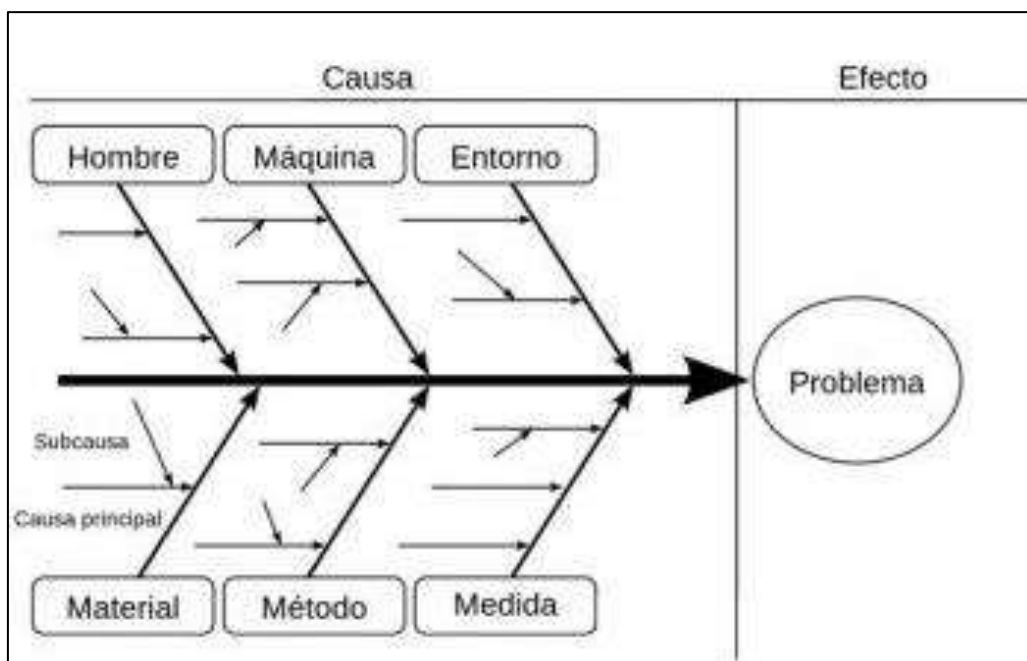


Figura 6. Estructura del diagrama de Ishikawa

Diagrama de Pareto: Citando a Cruz y Gonzales como se citó en Rojas (2019), definieron al diagrama de Pareto como una herramienta grafica que va a permitir reconocer las problemáticas más significativas en base a sus ocurrencias frecuentes, tiempo, costes y admite priorizar las tareas de intervención.

En síntesis, las frecuencias de ocurrencias se fundamentan en la regla del 80/20 o principio de Pareto, esto señala que el 80% de las problemáticas son producidas por el 20% de las causas. El diagrama de Pareto te ayuda en distinguir los errores más críticos, que muy a menudo son pocos, de esos muchos no críticos. Este posee la siguiente ventaja si se le realiza un buen diagnóstico y se le utiliza adecuadamente:

- Proporciona en la obtención de resultados de mejoras implementadas, al realizar una comparación entre dos diagramas en diferentes momentos.

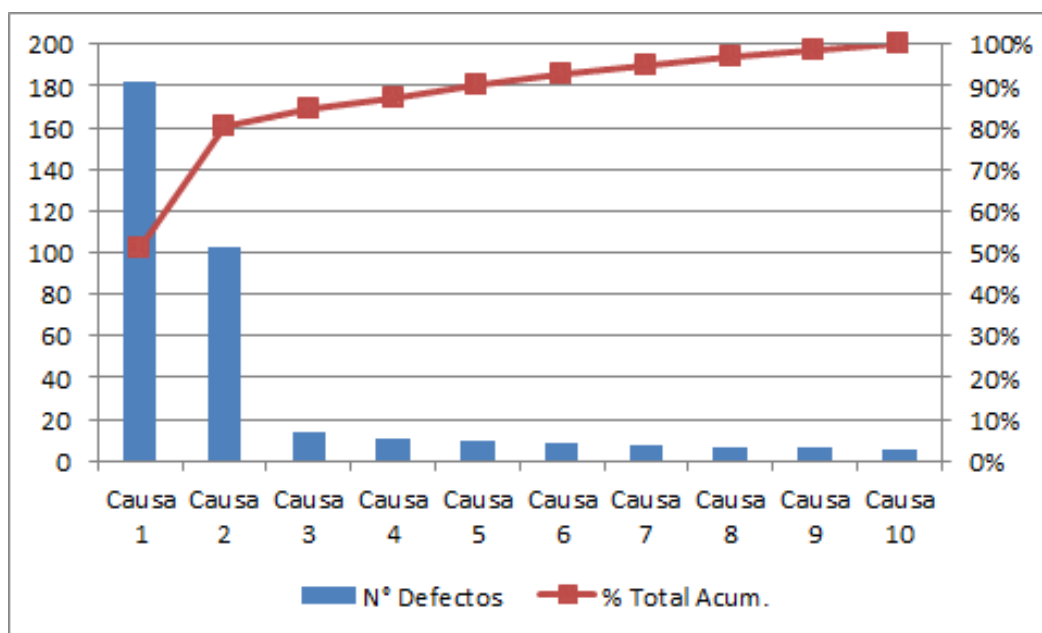


Figura 7. Estructura del diagrama de Pareto

Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Un plan de mantenimiento es una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas

acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación. (Garcia, 2012, p. 79).

Empleando las palabras de Espinoza (2018), refirió con respecto al plan de mantenimiento como, un conjunto de tareas previamente planeadas y programadas en función al tiempo para hacer frente a las posibles fallas potenciales. Para poder emplearlo se debe analizar y saber el estado de los equipos basado en el historial de fallas registradas.

Según Pesantez como se citó en (Rosales, 2017, p. 14), sostuvo que un plan de mantenimiento preventivo es la programación de una serie de tareas y procesos de conservación anual planificado y organizado, [...] se detallan los tipos de trabajo y fechas que se deben cumplir en las instalaciones, maquinarias, equipos y edificaciones de la empresa.

Dimensiones: Planificación

La planificación de acuerdo con García definió que “es un conjunto de actividades iniciales y esfuerzos anticipados que surgen para establecer la dirección de acción a seguir a fin de lograr los objetivos señalados” (2012, p.69).

“La planificación se fundamenta en fijar un trayecto definido de acción que se han de seguir, se establecen principios al cual se deberán orientarlo, una serie de procedimientos que han de realizarse y ser determinado en el tiempo con los recursos necesario para que se lleve a cabo” (Dounce, 2014, p. 200).

Dimensiones: Programación

La programación de acuerdo con García definió que “es la determinación que se antepone del momento y el lugar en que se deben comenzar y culminar con las actividades necesarias, para la elaboración de algún producto o la prestación de servicios” (2012, p. 71).

Sistemas conformados de actividades para cambiar las maquinas defectuosas a maquinas disponibles, con la finalidad de ubicar y corregir problemas leves antes de que estos ocasionen fallas. Se basa en un registro de actividades realizados por los operadores que aseguran el buen funcionamiento de los equipos. (Rosales, 2017).

Se denomina programa de mantenimiento al proceso que relaciona las codificaciones de los equipos con la frecuencia, cronogramas de ejecución de las tareas programadas, reglamentos del mantenimiento, centros de costo, datos de medición, códigos de material necesario para la ejecución preventiva en los equipos industriales. (2000, Tavares, p. 37).

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

“La disponibilidad es el tiempo en el que un equipo se encuentra operativo en un periodo establecido, se tiene que identificar y establecer los indicadores de: mantenibilidad, fiabilidad y disponibilidad total para determinarlo” (Alavera et al.,2016,p.13)

Mclever McHoes (2011), expresó que el término disponibilidad de equipos, da a entender que un activo esté disponible y operativo cuando se le necesite. En otras palabras, puede significar para algunos usuarios como la probabilidad de que los recursos se encuentren disponibles en el momento de que el sistema lo requiera. (p. 180).

De acuerdo con Mora (2009), refirió que el equipo se encuentra disponible cuando “su funcionamiento es satisfactorio después de iniciado su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (p.67).

Dimensiones: Mantenibilidad

La mantenibilidad “es la particularidad propia de un elemento, relacionado a su capacidad de ser restablecido al momento de realizar el mantenimiento indispensable según se precisa” (Knezevic, 2015, p.47).

La mantenibilidad se designa como la probabilidad de que un dispositivo, maquinaria u otro elemento puedan nuevamente retornar a su estado de normal funcionamiento luego del suceso de una interrupción de la producción, falla o avería por medio de una reparación de un conjunto de tareas de conservación, para suprimir las causas que interrumpen el proceso. (Mora, 2009, p.104).

“La mantenibilidad es la posibilidad que el equipo en condición de falla sea recuperado a sus condiciones normales de funcionamiento en un lapso después de

la aparición de la falla, siempre bajo órdenes establecidas de mantenimiento” (Rodríguez, 2008, p. 36)

Dimensiones: Confiabilidad

“La confiabilidad se puede explicar cómo la seguridad de que un equipo o componente realice su función en un determinado periodo establecido de acuerdo a condiciones estándares de uso definidas” (Gasca, Camargo y Medina, 2017, p.112).

Mora definió a la confiabilidad como la probabilidad de que los equipos cumplan satisfactoriamente sus funciones en condiciones usuales de operatividad, ambientales y del entorno, para lo que fueron diseñados en un tiempo específico. (2009, p. 95).

Según Zapata (2010, p.3), mencionó que es “la probabilidad de que un sistema o componente cumpla su funcionalidad en un tiempo determinando, estando en condiciones de actividad específicas”.

.

III. METODOLOGÍA

En el tercer capítulo, se dará a conocer el tipo y el diseño de investigación correspondientes a lo que se desea estudiar, se determinarán las variables con sus correspondientes dimensiones e indicadores analizadas bajo técnicas e instrumentos de recolección de datos con la validez y confiabilidad aprobado por expertos, de igual forma, se describirá el procedimiento y los métodos de análisis a seguir para realizar la investigación y finalmente los aspectos éticos.

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Para Ñaupas, Mejia, Novoa, y Villagómez (2014), definieron que “la investigación aplicada está orientada a resolver problemas, con base de la investigación pura” (p.93). “El objetivo de la investigación aplicada es generar conocimientos en mediano plazo y con aplicación directa. Esto presenta un valor agregado gracias a la utilización de conocimientos provenientes de la investigación pura” (Espinoza, 2014, p.35).

Por su finalidad, el tipo de la presente investigación es aplicada, ya que al proponer un plan de mantenimiento preventivo se logra el resultado de conseguir equipos de aire acondicionado con mayor disponibilidad. Es decir, se logrará resolver los problemas que causaban la baja disponibilidad de los equipos con un plan del mantenimiento preventivo.

Nivel de investigación

Hernández et al., (2014, p.92), mencionaron que la investigación descriptiva [...] busca precisar las propiedades, particularidades y los perfiles de los grupos, personas, procesos u otros fenómenos que serán sometidos a un análisis, [...] se procura medir o recolectar información independiente o conjuntamente acerca de las variables o conceptos referidos. También, “es el hecho de representar a las personas, animales, cosas en donde se describen los aspectos más representativos de las personas, cosas o situaciones para profundizar los conocimientos en base al problema” (Fresno, 2019, p.86)

Por su nivel, el presente informe de investigación es descriptiva ya que se encargará de describir el problema con sus respectivas causas principales de la población, en este caso de los equipos de aire acondicionado en la empresa, los cuales van a ser estudiados desde ese punto de vista.

Ríos (2017), mencionó que el nivel explicativo o “también conocido como nivel de causalidad, da a entender la causa de un comportamiento desde la relación entre las variables” (p.81). También, (Ñaupas et al., 2018, p.112), señaló que el nivel de investigación explicativo “está orientado a la rigurosa verificación y comprobación de las hipótesis causales. Se encarga de buscar vínculos entre las variables causales y las variables efecto para que sus resultados obtenidos se manifiesten en hechos probatorios”.

Por lo tanto, la investigación es de nivel descriptiva-explicativa, ya que se describirá la propuesta del plan de mantenimiento preventivo y se determinará las causas principales que ocasionan la baja disponibilidad y a su vez se explicarán los efectos en los equipos.

Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental se da cuando “el investigador tiene el dominio de la variable estímulo (variable independiente), la cual puede realizar variaciones de forma apropiada con relación a sus objetivos” (Neill y Cortez, 2018, p.72). De acuerdo con Bernal (2010, p.146) indicó: “Los diseños preexperimentales muestran un mínimo control de variables y las asignaciones de los sujetos de la investigación son no aleatorias, no hay un grupo control”. Por otro lado, Espinoza (2010), describió que se van a evaluar los efectos del tratamiento haciendo una comparación con la medición anterior de acuerdo con el diseño:



X: Tratamiento administrado al grupo experimental.

01: Observación de la variable dependiente anterior del tratamiento.

02: Observación de la variable dependiente posterior del tratamiento.

De acuerdo con su diseño, la presente investigación es de diseño experimental de tipo preexperimental; porque será evaluado con un Pretest y Post test con la finalidad de analizar el resultado posterior de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo.

Enfoque de la investigación

“El enfoque de investigación cuantitativo emplea de la recopilación de información para comprobar hipótesis, con fundamento en el análisis estadístico y la medida numérica, para instaurar modelos de conductas y probar teorías” (Hernández et al., 2014, p. 4).

Por su naturaleza o enfoque, el informe de investigación es cuantitativa ya que las variables pueden ser documentadas y medidas, es decir, el análisis de estudio se basará en aspectos susceptible u observables de medición usando pruebas estadísticas.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual

El plan de mantenimiento preventivo es definido como: Una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación. (García, 2012, p. 79).

Definición operacional

El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas planificadas donde se realiza un análisis detallado de los equipos, para obtener una serie de información sobre cada uno ellos, luego se programa estableciendo principios secuenciales con el tiempo y número de recursos necesarios para la ejecución de un buen mantenimiento.

Dimensiones de la variable independiente

Planificación: La planificación de acuerdo con García definió que “es un conjunto de actividades iniciales y esfuerzos anticipados que surgen para establecer la dirección de acción a seguir a fin de lograr los objetivos señalados” (2012, p.69).

$$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$$

En donde:

IEM: Índice de equipos con plan de mantenimiento preventivo

MPM: N° de equipos con plan de mantenimiento

MP: Total de equipos

Programación: La programación de acuerdo con García definió que “es la determinación que se antepone del momento y el lugar en que se deben comenzar y culminar con las actividades necesarias, para la elaboración de los productos o la prestación de servicios” (2012, p. 71).

$$IMP = \frac{MPR}{MPP} * 100\%$$

En donde:

IMP: Índice de mantenimiento programado

MPR: N° de mantenimiento preventivo realizado

MPP: N° Mantenimiento preventivo programado

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

Definición conceptual

De acuerdo con Mora (2009), refirió que el equipo se encuentra disponible cuando “su funcionamiento es satisfactorio después del inicio de su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (p. 67).

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TPMR}$$

DISP: Disponibilidad

TMEF: Tiempo medio entre fallas

TPMR: Tiempo medio para reparar

Definición operacional

La disponibilidad es la capacidad de que un equipo se encuentre operativo, se da en disposición, en cuanto a la mantenibilidad y la confiabilidad. Ambos términos forman parte de la cotidianeidad del mantenimiento.

Dimensiones de la variable dependiente

Confiabilidad: Mora definió a la confiabilidad como la probabilidad de que los equipos cumplan satisfactoriamente sus funciones en condiciones normales de operatividad, del entorno y ambientales, para lo que fueron diseñados en un tiempo específico. (2009, p. 95).

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TMEF: Tiempo promedio entre fallas

HROP: Horas de operación

NTFALLAS: N° de fallas detectadas

Mantenibilidad: La mantenibilidad se designa como la probabilidad de que un dispositivo, maquinaria u otro elemento puedan nuevamente retornar a su estado de normal funcionamiento luego del suceso de una interrupción de la producción, falla o avería por medio de una reparación de un conjunto de tareas de conservación, para suprimir las causas que interrumpen el proceso. (Mora, 2009, p.104).

$$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TPMR: Tiempo de reparación

TTF: Tiempo total de fallas

NTFALLAS: N° total de fallas detectadas

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

“Es el conjunto de individuos o elementos que poseen algunas características en común sobre el cual se desea inferir” Supo, 2012, p. 16). Otra definición de acuerdo con Ríos (2017), la población es “la totalidad o el conjunto de un grupo de casos, objetos o elementos al que se le quiere estudiar” (p.89).

En esta investigación, la población en estudio estará conformado por 18 equipos de aire acondicionado pertenecientes al área de Electrólisis.

Muestra

Fresno sostuvo que la muestra “la parte representativa de la población seleccionada, de los que se obtiene información del objeto a estudiar, de ello se realizaron las observaciones y mediciones de las variables” (2019, p.104).

Así mismo, la muestra se categoriza en dos ramas: La muestra probabilística que es una parte proporcional de la población y que todos los elementos o miembros tienen las mismas posibilidades de salir elegidos, [...]. A diferencia de la

muestra no probabilística que sus miembros o elementos son seleccionados de acuerdo con las características de la investigación [...]. Por tanto, para los diseños de investigación correlacionales-causales las muestras probabilísticas son esenciales. (Hernandez et al., 2014, p. 177).

La muestra de la investigación estará conformada por 9 equipos de aire acondicionado críticos seleccionados a través del análisis de criticidad del área de Electrolisis al tener un número mayor de equipos.

Muestreo

El muestreo es definido como “el método que se utiliza para seleccionar a los elementos de la muestra del total de la población” (López, 2004, p.64). También se refiere a la” técnica que sirve para seleccionar los elementos o unidades que forman parte de la muestra” (Rios, 2017, p. 89).

En el presente trabajo, se usará el muestreo no probabilístico por conveniencia porque el investigador es el quien selecciona la muestra accesible y que sea representativa en referencia a la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

De acuerdo con Urbano y Yuni, “La dimensión de las técnicas de recolección de datos es pieza fundamental en el desarrollo del procedimiento metodológico en las ciencias empíricas. Esta dimensión pretende resolver cuestiones sujetas a los procesos de obtención de información y valoración de las fuentes apropiadas para llegar a ser información basada en datos científicos. (2014, p. 28)

En todo caso, son actividades que se aplican con la finalidad de obtener la información requerida para el logro efectivo de los objetivos de una investigación determinada en un cierto número de la población. Las técnicas pueden ser: cualitativas o cuantitativas (Fresno, 2019, p.112).

Observación

Fresno (2019, p.114), definió a la observación como una técnica objetiva de recolección de información que actúa de forma independiente de la veracidad y capacidad de las personas en estudio para mantener una calidad investigativa; por otra parte, en cuanto al observador, este debe ser muy cuidadoso con la observación, se deben evitar las distorsiones de estos para que obtenga una validez científica.

“La observación va cobrando mayor credibilidad por el mismo hecho de adquirir información confiable, siempre y cuando se realice con un procedimiento muy controlado y sistemático” (Bernal, 2010, p.194).

La técnica que se utilizará en el informe de investigación es la observación ya que permitirá obtener información confiable para su posterior análisis.

Análisis documental

Carrasco (2009), mencionó que el análisis documental “es una técnica que debe adquirir información procesada de hechos, acontecimientos pasados que contiene información valiosa para la investigación” (p.275).

“Se basa en información obtenida en fichas bibliográficas con el objetivo de examinar el material impreso” (Bernal, 2010, p.194)

La segunda técnica que se utilizará en el informe de investigación es el análisis documental, que consistirá en la revisión del historial de los equipos de aire acondicionado.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos “son los medios físicos que se aplican en la recogida y almacenamiento de la información” (Huidobro, 2017, p.51)

Urbano y Yuni (2014, p.133), plantearon que los instrumentos “son aparatos que permiten observar y medir al investigador los fenómenos empíricos para alcanzar conocimientos de la realidad”.

Los Instrumentos que se precisarán en la investigación serán elaborados de acuerdo con las necesidades de la investigación en base a los indicadores y variables, se muestran en el anexo N° 3 a detalle:

Tabla 1.

Técnicas e instrumentos de recolección de información.

Técnicas	Instrumento
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Fichas de recolección de datos
Análisis documental	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de registro • Ficha técnica

Fuente: Elaboración propia.

Validez

La validez generalmente, como mencionaron Hernández et al., (2014), “es el grado en el que un instrumento se encarga de medir a la variable que quiere medir” (p.200).

Aera, Apa y Ncme (2014), refirieron que en el proceso de validación “implica la acumulación de evidencias relevantes para dar sustento científico a la interpretación de puntajes que se quiere hacer” (p.10).

Para la validación de los instrumentos de medición se realizará por medio del juicio de expertos que cuenten con grado académico de la Escuela profesional de Ingeniería Industrial, en este caso se validó por 5 docentes expertos de la universidad Cesar Vallejo ubicado en el anexo N° 4 a mayor detalle.

Tabla 2.

Validez del instrumento a Juicio de expertos-Universidad Cesar Vallejo.

Experto	Grado de instrucción	Aplicabilidad
Ing. Javier Francisco, Panta Salazar	Doctor	Aplicable
Ing. Romel Darío, Bazán Robles	Magister	Aplicable
Ing. Roberto, Farfán Martínez	Magister	Aplicable
Ing. Aldo, Acosta Linares	Magister	Aplicable
Ing. Roberto Carlos, Conde Rosas	Magister	Aplicable

Fuente: Elaboración propia.

Confiabilidad

La confiabilidad es “un instrumento en el que el grado de su aplicación reincidente en el mismo objeto o individuo origina resultados iguales” (Hernández et al., 2014, p. 200).

Los instrumentos de la investigación se encuentran en un rango de 0.72 a 0.99, esto indica que el instrumento tiene una excelente confiabilidad, siendo estas las fichas de recolección de datos aplicados a los equipos de aire acondicionado.

3.5. Procedimientos

El procedimiento de recolección de datos se efectuará considerando los siguiente:

En primer lugar, se solicitó el permiso necesario al encargado del área de mantenimiento para la realización de la investigación y la toma de datos de la empresa; luego de conseguir la firma del representante, se realizó reuniones con el personal de mantenimiento para realizar un diagnóstico general y conocer la situación actual de la empresa; en el anexo N° 5 se puede mostrar a más detalle acerca de las generalidades de la empresa.

En segundo lugar, gracias a las técnicas necesarias: El diagrama de Ishikawa (Causa-efecto) y el diagrama de Pareto, los 5 porqué, se describirán e identificarán las causas raíz y los efectos principales del problema y tener una mejor visualización.

En tercer lugar, se seleccionaron las técnicas de la observación, el análisis documental y se desarrollaron los instrumentos de las fichas de recolección de datos para recoger información numérica de las fichas de registro semanalmente (cada sábado por 12 semanas) de los indicadores de la variable dependiente.

En cuarto lugar, se realiza una serie de coordinaciones y actividades para el tratamiento de la variable independiente, se analizaron a los equipos más críticos para conocer su significancia en la causa raíz, se planeó y programaron cada una de las actividades y recursos correspondientes al plan de mantenimiento preventivo; esta información se muestra en el anexo N° 7 a más detalle.

Finalmente, una vez aplicado el plan de mantenimiento preventivo, se busca demostrar la mejora en las 12 semanas siguientes; por ende, se realiza una nueva medición de los indicadores y se obtendrá un resultado final (anexo 10) con el que se procederá en un programa estadístico para comprobar las hipótesis y los objetivos de la investigación.

3.6. Método de análisis de datos

Hernandez y Mendoza, (2018) analizaron los datos cuantitativos y mencionaron que se debe tener en cuenta dos cuestiones: “Los modelos estadísticos son conceptualizaciones de la realidad y que los resultados numéricos siempre se deben interpretar de acuerdo con el contexto” (p. 310).

“Para el análisis de datos cuantitativos, se ejecuta teniendo en consideración los niveles de medida de las variables a través de la estadística. Este se divide en estadística descriptiva e inferencial” (Hernández et al., 2014, p.271).

El análisis descriptivo o deductivo es el que “se encarga de formular recomendaciones sobre como sintetizar la información obtenida en tablas, cuadros, figuras o gráficas” (Rendon, Villasis, y Miranda, 2016, p. 398) y para Borrego se

trata de “una ordenación, recuento o clasificación de los datos obtenidos mediante las observaciones” (2008, pág. 2)

El análisis inferencial o inductivo estudia y analiza los datos aportados más allá de los resultados y poder llegar a las conclusiones, se vale de cálculos probabilísticos. Depende de los datos de análisis descriptivo, debido a que su estudio es más amplio (Gutiérrez, 2018).

Es conveniente resaltar que toda la información final obtenida, será procesada utilizando la hoja de cálculo del programa desarrollado por Microsoft Corp. Excel 2016 como análisis descriptivo para sintetizar y estructurar los datos, también se utilizará el programa estadístico SPSS para la respuesta de los objetivos y las hipótesis como análisis inferencial.

3.7. Aspectos éticos

En el presente estudio que lleva por título “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020”, se cumplen las siguientes consideraciones:

Académico: La información que presenta este trabajo de investigación fue realizada con fines académicos para la obtención de conocimientos.

Objetividad: El contenido de los datos de este trabajo de investigación son estudiados con principios técnicos e imparciales.

Confiabilidad: Toda la información que fue proporcionada por la empresa será manipulada de manera correcta asimismo se respetará la política de confiabilidad de la organización.

Veracidad: La información y los resultados que se obtendrán para la investigación serán reales, es decir, que fueron proporcionados por la empresa, por tanto, toda la información será veraz y estas serán tomadas en el momento del proceso.

Originalidad: De acuerdo con la normativa que cumple Facultad de Ingeniería Industrial, este presente trabajo citará las diversas fuentes de bibliografía con el objetivo de eludir plagio.

IV. RESULTADOS

En el cuarto capítulo del informe de investigación, se desarrolla las generalidades de la empresa, la estadística descriptiva del pretest y post test como resultado de los indicadores debido al tratamiento de la variable independiente; así también se describe la estadística inferencial de la variable dependiente, haciendo uso del IBM SPSS Statistics 25 para determinar la distribución de normalidad de la muestra con Shapiro Wilk y poder contrastar las hipótesis con las pruebas de T-Student y de Wilcoxon según sea el caso.

Generalidades de la empresa

La empresa metalúrgica, es una refinería que cuenta con 25 años de experiencia en el mercado y pertenece al sector industrial secundario. La empresa se dedica a procesar concentrados de zinc, también a la venta de zinc refinado en alta pureza, sus aleaciones y otros subproductos como: ácido sulfúrico, cobre, cadmio, plata y plomo. Así mismo, es la única refinería de zinc en el Perú, donde se refinan concentrados de zinc procedentes de minas que se encuentran en Lima, Junín y Pasco. Entre sus clientes se encuentran diversas marcas como: Toyota, Panasonic, Philips entre otros.



Figura 8. Principales clientes de la empresa

Misión

Ser una organización en la concepción y ejecución de proyectos mineros metalúrgicos para crear valor de forma consciente para los accionistas, trabajadores, clientes y socios. Nos caracterizamos por la capacidad de reconocer oportunidades que permitan acrecentar recursos y ejecutar proyectos necesarios para continuar con la alta rentabilidad y crecimiento de la empresa.

Visión

Ser una empresa que aspira a ser líder en la producción de concentrados de metales como: zinc, cobre y plomo en el mundo. Su estrategia de crecimiento se apoya en un modelo translucido e innovador que produzca valor de forma responsable para todos.

Valores

La empresa se rige por valores que se cumplen fielmente por sus colaboradores y clientes, los cuales son:

- Solidez
- Ética
- Unión
- Espíritu emprendedor
- Respeto

Historia de la empresa

La refinería de Zinc inició sus operaciones en el año 1981. Al inicio la empresa tenía una producción de zinc de electrolítico de buena calidad, los subproductos ácido sulfúrico, concentrados de plata, cemento de cobre y de cadmio tenían una capacidad menor de producción al año. Pertenece a la compañía internacional, el cual fue fundado el 6 de abril de 1949 desde entonces se dedican a la exploración, producción y comercialización de productos concentrados de zinc. Al inicio la empresa contaba con poca experiencia en el mercado y presentaba problemas recurrentes. Pero, con el paso del tiempo pudo superarse y ser reconocida como una compañía global de minería y metalurgia que se ubica entre uno de los cinco principales productores de zinc a nivel mundial.

Ubicación de la empresa

La refinería está ubicada en el departamento de Lima, Perú y está ubicada a 24 km del centro de Lima y 15 km del Este.



Figura 9. Vista satelital de la empresa metalúrgica.

Descripción de sus productos

La refinería se dedica al proceso metalúrgico de concentrados de zinc y a la venta de zinc de alta pureza, aleaciones de zinc y subproductos como: ácido sulfúrico, cadmio refinado, concentrado de plata. Entre sus productos más demandados se encuentran:

Tabla 3.
Productos y subproductos principales de la empresa.

PRODUCTO PRINCIPAL: ZINC REFINADO	
 <p>Barras de Zinc refinado</p>	<p>Características:</p> <p><i>Zinc SHG Barras (60% producción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - SHG – Zn al 99.995% - Barras de 25 Kg - Paquetes de 1TN aprox.
 <p>Jumbos de Zinc de 1 TN</p>	<p>Características:</p> <p><i>Zinc SHG Barras (60% producción)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - SHG – Zn al 99.995% - Barras de 25 Kg - Paquetes de 1TN aprox.
SUBPRODUCTOS	
<p>Ácido Sulfúrico: Concentración 98.5%</p> 	<p>Cadmio metálico: 99.998% de pureza</p> 
<p>Indio metálico: 99.99% de pureza</p> 	<p>Cemento de Cobre: 55-70% de Cu</p> 

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

Descripción de proceso productivo

El objetivo de la empresa es que sus productos cumplan con las características solicitadas por el cliente, es decir, producir zinc de la más alta pureza de 99,995% y con los más altos estándares de calidad del producto conforme a las especificaciones químicas y físicas; conservando el medioambiente, la seguridad y la salud de las personas; así como fomentar y practicar los valores en la sociedad, que contribuyan al desarrollo sostenible.

El proceso productivo de dicho producto tiene comienzo con la compra de concentrados de zinc para ser tratados en los tostadores y así producir óxido de zinc o “calcina” para el proceso de lixiviación en el área de hidrometalurgia. La solución resultante de este proceso se purifica con el fin de eliminar los metales tales como Cu, Co, Mn, Ni, etc. y obtener la solución de sulfato de zinc, que se envía al área de Electrometalurgia (área crítica) para que a partir de un proceso de electrodeposición se obtengan las láminas de zinc que son llevados al área de Fusión y Moldeo, donde se cuentan con cuatro líneas de producción de zinc refinado: 2 líneas para producción de barras (Zn-302 S SHG) , y 2 líneas para producción de jumbos de 1 t y 2 t con diferentes porcentajes de aluminio.



Figura 10: Mapa de procesos

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

Equipos y maquinarias

El área de electrometalurgia es el área más crítica debido a que presenta altas temperaturas por el mismo proceso, maquinarias y equipos que posee, estos son:

Tabla 4:
Equipos y maquinarias del área de Electrolisis

EQUIPOS Y MAQUINARIAS	
	Descortezadora
	Grúa de traslado de ánodos y cátodos
	Torres de enfriamiento
	Planchadora de ánodos

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

Identificación de las causas del problema.

Para identificar las causas que generan el problema, como primer paso, se usó la técnica de la lluvia de ideas, lo cual se realizó con todos los participantes involucrados en el desarrollo del informe de investigación y el personal del área de mantenimiento. En este contexto, el ingeniero residente (quien viene a ser la máxima autoridad en el área de mantenimiento), coordinó que una hora antes de la salida el personal del área como: el ingeniero residente, la asistente administrativa, el supervisor operativo y los técnicos de mantenimiento se reunieran en la oficina. Cada uno compartió sus ideas y opiniones de las posibles causas que estén generando el problema de la baja disponibilidad en los equipos de aire acondicionado. Posterior a ello, la información recolectada se plasma y organiza en el diagrama de Ishikawa a fin de tener una mejor comprensión de las causas; luego se representaron gráficamente en el diagrama de Pareto para tomar la decisión de enfocarnos solo en los que estén generando el 80% de impacto en el contexto y proponer las mejoras.



Figura 11: Lluvia de ideas realizado en coordinación con el personal de mantenimiento

A continuación, se evidencian las principales causas que se determinaron a través de los métodos de calidad utilizados y representados en la figura N° 15.

- **Falta de un plan de mantenimiento.** Esto se produce porque no se realiza una actualización del estado de los equipos, solo realizan mantenimiento correctivo. Además, no hay seguimiento de los indicadores de mantenimiento. Todo ello se evidencia en las continuas interrupciones o fallas de ciertos equipos de aire acondicionado.



Figura 12: Falta de un plan de mantenimiento

- **Equipos en mal estado.** De acuerdo con las observaciones realizadas en la empresa metalúrgica, se evidencia que existen algunos equipos de aire acondicionado que se encuentran en mal estado. Es decir, estos equipos están en mal estado porque presentan corrosión en algunas partes y tienen deteriorado ciertos componentes que necesitan ser reemplazados.



Figura 13: Equipos de aire acondicionado en mal estado.

- **Equipos inoperativos.** Se observa que en la empresa metalúrgica existen equipos de aire acondicionado inoperativos por deterioro de sus componentes y fallas en el sistema operativo que se origina como consecuencia de la falta de un mantenimiento preventivo.



Figura 14: Equipos de aire acondicionado inoperativos

- **Falta de repuestos en el almacén.** En el área de almacén se observa que hay una carencia de repuestos necesarios para la reparación de los equipos de aire acondicionado. Esto ocurre debido a que la empresa no hace un seguimiento de control y gestión de los repuestos del equipo.



Figura 15: Falta de repuestos en el almacén

- **Insuficientes herramientas y/o equipos para realizar el mantenimiento.** En el momento que se realiza el mantenimiento de los equipos, se puede notar que existe la falta de algunas herramientas y/o equipos necesarios en el taller, lo que produce una pérdida de tiempo y un proceso ineficiente en el mantenimiento.



Figura 16: Insuficientes herramientas y/o equipos para realizar el mantenimiento

Situación actual de la empresa

Una vez realizado el análisis de la realidad problemática y la causa raíz del problema, haciendo uso de las herramientas de calidad ya descritas en la investigación, se pudieron observar, fotografiar y adquirir más información; lo cual se registrarán en una ficha de recolección de datos diseñada por el grupo de trabajo y aprobado por expertos, para realizar la medición inicial de los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

En tanto, la empresa en estudio posee equipos de aire acondicionado distribuidos en las áreas productivas y administrativas, en este caso, el área en estudio será el de Electrolisis, área donde se realiza el proceso de electrolisis de los metales, cuenta con 18 equipos de aire acondicionado, para la cual se presenta una lista ordenada del inventario de los equipos en la tabla N° 19 y su posterior análisis plasmado en el plan de mantenimiento preventivo.

Considerando la información de la tabla N° 5, este consistió en determinar la disponibilidad actual de los equipos de aire acondicionado antes de realizar el tratamiento de la variable independiente. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TPMR}$$

En donde:

DISP: Disponibilidad

TMEF: Tiempo medio entre fallas

TPMR: Tiempo medio para reparar

Tabla 5.

Diagnóstico de la situación actual de la disponibilidad, abril a Julio.

SEMANA	VARIABLE DEPENDIENTE-DISPONIBILIDAD		
	TMEF	TPMR	DISPONIBILIDAD
1	290.60	21.40	93.14%
2	172.63	22.38	88.53%
3	200.36	22.50	89.90%
4	245.42	14.58	94.39%
5	176.88	18.13	90.71%
6	141.05	14.95	90.42%
7	290.40	21.60	93.08%
8	346.75	43.25	88.91%
9	202.36	20.50	90.80%
10	154.83	18.50	89.33%
11	289.90	22.10	92.92%
12	242.75	17.25	93.37%
PROMEDIO			91.29%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la información ubicada en la tabla 6, consistió en hallar la confiabilidad (TMEF) actual de los equipos de aire acondicionado antes de realizar el tratamiento de la variable independiente. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TMEF: Tiempo promedio entre fallas

HROP: Horas de operación

NTFALLAS: N° de fallas detectadas

Tabla 6.

Diagnóstico de la situación actual de la confiabilidad, abril a Julio.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-CONFIABILIDAD			
SEMANA	HORAS TOTALES DE OPERACIÓN	N° DE FALLAS	TMEF
1	1,453.00	5.00	290.60
2	1,381.00	8.00	172.63
3	1,402.50	7.00	200.36
4	1,472.50	6.00	245.42
5	1,415.00	8.00	176.88
6	1,410.50	10.00	141.05
7	1,452.00	5.00	290.40
8	1,387.00	4.00	346.75
9	1,416.50	7.00	202.36
10	1,393.50	9.00	154.83
11	1,449.50	5.00	289.90
12	1,456.50	6.00	242.75
PROMEDIO			229.49

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, la información que se ubica en la tabla 7, consistió en hallar la mantenibilidad (TPMR) actual de los equipos de aire acondicionado antes de realizar el tratamiento de la variable independiente. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$$

En donde:

TPMR: Tiempo de reparación

TTF: Tiempo total de fallas

NTFALLAS: N° total de fallas detectadas

Tabla 7.

Diagnóstico de la situación actual de la mantenibilidad, abril a Julio.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-MANTENIBILIDAD			
SEMANA	N° DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE FALLAS	TPMR
1	5.00	107.00	21.40
2	8.00	179.00	22.38
3	7.00	157.50	22.50
4	6.00	87.50	14.58
5	8.00	145.00	18.13
6	10.00	149.50	14.95
7	5.00	108.00	21.60
8	4.00	173.00	43.25
9	7.00	143.50	20.50
10	9.00	166.50	18.50
11	5.00	110.50	22.10
12	6.00	103.50	17.25
PROMEDIO			21.43

Fuente: Elaboración propia

Propuesta de mejora del plan de mantenimiento preventivo

En base a los resultados obtenidos mediante los instrumentos de recolección de datos, se pudo conocer la situación actual del problema y el valor de los indicadores en el periodo 2020 de los meses abril-julio, por ello se procede a realizar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo teniendo en consideración las experiencias de los técnicos, los manuales del fabricante e información técnica de los proveedores, con el fin de mejorar los indicadores de disponibilidad, disminuyendo el número de fallas, los tiempos de reparación, aumentando su vida útil y reduciendo los costes de mantenimiento.

Para elaborar la propuesta de mejora se tuvo presente las siguientes actividades:

I. ETAPA PRELIMINAR

- Análisis de la situación actual del mantenimiento para visualizar el problema.
- Reunión de coordinación y firma de acta de compromiso.
- Elaboración de las fichas de recolección de datos para los indicadores.
- Recojo de información obtenida de las fichas de recolección de datos.

II. PLANIFICACIÓN

- Establecer las políticas, objetivos y metas
- Conformación del comité de trabajo y asignación de responsabilidades.
- Capacitación al personal.
- Elaboración del inventario de los equipos de aire acondicionado.
- Formato del análisis de criticidad.
- Formato del análisis AMEF
- Adquisición de equipos, herramientas, instrumentos y repuestos.
- Elaboración de formatos de mantenimiento.
- Elaboración de procedimientos de trabajo de mantenimiento

III. PROGRAMACIÓN

- Programación del mantenimiento preventivo
- Ejecución del mantenimiento preventivo

Recojo de información obtenida en las fichas de recolección de datos después de la mejora.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Tratamiento de la variable independiente.

Luego de identificar y analizar el problema a profundidad se propone realizar un plan de mantenimiento preventivo siguiendo todos los pasos del cronograma de actividades en el anexo N°5.

I. ETAPA PRELIMINAR

Todo el proceso de mejora inicia con una reunión con la alta gerencia para establecer acuerdos y un compromiso para el cumplimiento del plan.

Tabla 8:

Acta de compromiso de la alta gerencia

ACTA DE COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA		
ASUNTO: CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO: APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Asistentes:		
CARGO	NOMBRE	FIRMA
GERENTE DE MANTENIMIENTO		
INGENIERO RESIDENTE		
SUPERVISOR OPERATIVO		
TÉCNICO ELECTRICISTA		
TÉCNICO MECÁNICO		
TÉCNICO HVAC		
ACUERDOS:		
<p>Se estableció el rol de los participantes para la realización del plan de mantenimiento preventivo, el gerente de mantenimiento será el facilitador para el desarrollo de todo el proyecto de mejora. Todas las reuniones serán en los días laborables y se llevará a cabo al finalizar las labores diarias. La siguiente reunión del grupo de trabajo será el día....., este día se iniciará su capacitación en la parte teórica de plan de mantenimiento preventivo, al día siguiente el..... Se conocerán los casos de éxito en otras entidades a manera de ejemplo para ver los beneficios de aplicar la mencionada técnica. Todas las reuniones tendrán una duración mínima de 1 hora y una máxima de 2.5 horas por día, con un tiempo de intermedio de 20 minutos. Se menciona el compromiso y visto bueno de la Gerencia General para llevar a cabo la planificación y ejecución de la propuesta de mejora, con el compromiso de prestar las instalaciones e infraestructura y materiales durante el desarrollo de toda la aplicación del plan. Los participantes se comprometen a asistir a todas las reuniones y tener la mayor predisposición para asimilar los conocimientos y aplicar lo aprendido en otros equipos más adelante como parte de la mejora continua de la empresa.</p>		

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

II. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

Paso 1. Establecer las políticas, objetivos y metas.

Establecimiento de políticas, objetivos y metas del plan de mantenimiento preventivo para la organización y su cumplimiento.

Objetivo general

Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad, la mantenibilidad y la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado, en una empresa metalúrgica Lima-Perú, 2020. Asimismo, asegurar las condiciones de seguridad necesarias para el buen funcionamiento de los equipos de aire acondicionado.

Objetivos específicos

- Realizar una lista de inventario de los equipos de aire acondicionado del área de electrolisis.
- Realizar el análisis de criticidad y AMFE de los equipos.
- Elaborar formatos de mantenimiento
- Elaborar procedimientos de mantenimiento preventivo
- Programar el mantenimiento preventivo en los equipos críticos de aire acondicionado.

Políticas

- El personal a cargo del mantenimiento tiene la obligación de portar el equipo de protección personal adecuado a la tarea a desempeñar y estar autorizado para la realización de sus funciones.
- El personal a cargo del mantenimiento deberá estar comprometido a ser respetuoso, ser amable, tener un trato cortés y buena actitud con los usuarios que requieran los servicios.

- El personal a cargo del mantenimiento deberá entregar un reporte al finalizar cada semana de las tareas encomendadas a realizar durante ese periodo.
- Se deberá elaborar un programa de mantenimiento preventivo anual a los equipos e instalaciones de la empresa.

Metas

- Incrementar la disponibilidad de los equipos superior a los 95%.
- Incrementar la confiabilidad en un 10%.

Paso 2: Conformación del comité de trabajo y asignación de responsabilidades.

Están involucradas las personas que estarán a cargo de un puesto en particular del área de mantenimiento en función a una jerarquía organizacional, con sus obligaciones a cumplir y otros requisitos solicitados por cada puesto.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Gerente de mantenimiento

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de aire acondicionado para el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo de la empresa.
- Cumplir con las metas y resultados comprometidos con la gerencia general, en los plazos, términos y condiciones que se definan.
- Mantener actualizado al personal del área en conocimientos técnicos y procedimientos operacionales relacionados directamente con sus funciones.
- Formular y controlar el Presupuesto Anual del área de mantenimiento.
- Controlar y coordinar a través del Ingeniero Residente la disponibilidad de equipos de aire acondicionado, mantenciones programadas y mantenciones correctivas, manteniendo el nivel de servicio operacional.
- Supervisar y apoyar las actualizaciones de procedimiento de operación de su Gerencia en coordinación con las áreas o Gerencias que corresponda, que apunten a generar procesos más eficientes y seguros.
- Responsable junto al Ingeniero Residente de evaluar el cumplimiento del plan de mantenimiento y posible renovación y compra de nuevos equipos de aire acondicionado así lo dispone en función de la demanda y uso de los servicios definidos o por definir.
- Supervisar la emisión de reportes de gestión con los indicadores clave que se hayan definidos para el monitoreo de su área y de funciones seleccionadas

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Profesionales de la carrera de Ingeniería mecánica, industrial, mecatrónica o afines. Cursos de especialidad o maestría deseable.

Experiencia: Experiencia mínima 5 años en puestos similares. Liderando equipos de trabajo.

Idiomas: Ingles nivel avanzado.

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio, SAP.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Ingeniero residente

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Gestión de actividades de planificación, organización, dirección y control de trabajos y personal de la empresa en planta.
- Elaboración mejoras del plan de mantenimiento preventivo y predictivo de equipos HVAC de toda la planta.
- Actualización periódica de los planes y programas requeridos para un adecuado seguimiento de la ejecución de los trabajos.
- Planificación de las actividades de trabajo de mantenimiento semanales.
- Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.
- Elaboración periódica de los informes que reflejen el estado de los trabajos y preparar la documentación definida en el contrato para ser entregada al cliente.
- Control de avance del servicio semanal.
- Análisis de los reportes de mantenimiento.
- Proponer y mantener sistemas de control que permitan hacer seguimiento de los recursos del servicio (horas hombre, producción, horas máquina, etc.).
- Cumplir de todas las recomendaciones de previsión industrial, a fin de observar el uso adecuado de los EPP y la eliminación de los riesgos de obra o accidentes industriales.
- Responder ante la Gerencia Técnica de la empresa por los trabajos que se ejecutan en el servicio dentro de los cuales se le haya asignado la responsabilidad de las funciones de supervisión en campo.
- Responder ante los clientes y/o los representantes designados por estos a efecto de limitarse en absolver explicaciones expresas de orden técnico sobre el servicio en ejecución de los trabajos.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Profesionales de la carrera de Ingeniería mecánica, mecatrónica o afines.

Experiencia: Experiencia mínima 3 años en el rubro de mantenimiento de equipos de aire acondicionado

Idiomas: Ingles nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio, SAP.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Ingeniero de seguridad

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Vigilar el cumplimiento de las normas de seguridad.
- Adiestrar e informar sobre los programas de seguridad laboral establecidos en la empresa.
- Colaborar en la elaboración de procedimiento de trabajo a la vez que asegurarse del cumplimiento de estos.
- Fomentar el orden y la limpieza en los lugares de trabajo.
- Incentivar la cultura preventiva entre los trabajadores.
- Informar sobre el uso y mantenimiento correcto de equipos de trabajo.
- Notificar sobre el uso obligatorio de equipos de protección individual y colectivo.
- Comunicar a la dirección sobre las deficiencias detectadas.
- Colaborar en la investigación de accidentes laborales.
- Difundir las medidas de emergencia contempladas en el plan de emergencia de la empresa.
- Revisar la correcta ubicación de los equipos de extinción de incendios, así como su correcta ubicación.
- Verificar el contenido del botiquín de primeros auxilios.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Profesionales de la carrera de Ingeniería de seguridad y salud en el trabajo, industrial, ambiental o carreras afines.

Experiencia: Experiencia mínima 3 años como especialista en seguridad ocupacional y medioambiente

Idiomas: Inglés nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft Office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Asistente administrativa

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Presentar todos los entregables según los alcances y las fechas establecidas en el presente procedimiento.
- Presentar los resultados de la valorización según la fecha estipulada por el gestor de contratos.
- Presentar la factura del mes valorizado inmediatamente después de ser liberado por la gerencia.
- Presentar los resultados de desempeño de Salud, Seguridad y Medio Ambiente inherentes al servicio a través de la matriz de seguimiento.
- Cumplir con todas las normas y procedimientos establecidos por la refinería.
- Informar la estructura que soporta el servicio contratado, así como los cambios realizados dentro del ciclo de valorización en curso
- Cumplir con el procedimiento de valorización de servicio
- Asistir en coordinación de las actividades de Mantenimiento del sector, suministrando materiales.
- Coordinar trabajos/proyectos menores en oficinas administrativas.
- Asistir en elaborar los informes técnicos y/o administrativos durante el desarrollo del trabajo y a su conclusión, para su aprobación.
- Así como de apoyar en la evaluación de presupuestos de terceros, que le sean encomendados.
- Actualizar y Asistir en el control de los KPIs de mantenimiento y presupuesto del área.
- Gestionar y dar seguimiento a la generación y envío de OC de mantenimiento, así como también las labores administrativas concernientes a la recepción de facturas y pago de proveedores.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Licenciatura en administración o puestos afines o técnico superior universitario.

Experiencia: Experiencia mínima 1 año ocupando el cargo. Buena redacción de documentos

Idiomas: Ingles nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Supervisor operativo

Área a la que pertenece: Mantenimiento

Número de plazas: 1

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Ejecutar las actividades asignadas, en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen su área, por lo que deberá mantenerse permanentemente actualizado.
- Coordinar, asignar, ejecutar y supervisar la debida ejecución de los programas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo que se realizan en los equipos de aire acondicionado del proceso a su cargo.
- Verificar el cumplimiento de las labores de mantenimiento correctivo de acuerdo con los tiempos y estándares de servicio.
- Supervisar al equipo de técnicos a cargo, verificando el cumplimiento de las tareas asignadas.
- Gestionar el abastecimiento de repuestos necesarios para la ejecución de las labores de mantenimiento.
- Elaborar reportes de indicadores de gestión (KPI's) de la gestión de mantenimiento.
- Garantizar y asegurar la operatividad y disponibilidad de estos en las áreas asignadas
- Asegurar los estándares de calidad y seguridad en el mantenimiento mecánico alineándose a los reglamentos y procedimientos del cliente y propios de la empresa.
- Cumplir y dar a conocer las medidas de control existentes, descritas en la matriz IPER (Identificación de peligros y evaluación de riesgos) y la matriz de aspectos ambientales para promover su cumplimiento.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Técnico o ingeniero mecánico, industrial o afines

Experiencia: Experiencia mínima 2 años ocupando el cargo. Conocimiento de elaboración y programación del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Idiomas: Ingles nivel intermedio

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO

1. IDENTIFICACIÓN

Nombre del puesto: Técnico de mantenimiento industrial de equipos de refrigeración
Área a la que pertenece: Mantenimiento
Número de plazas: 3

2. PRINCIPALES FUNCIONES

- Revisión del buen funcionamiento del sistema de aire acondicionado de las maquinarias pesadas.
- Detectar anomalías y diagnosticar la magnitud de las fallas.
- Reparación de fallas en equipos de aire acondicionado.
- Revisión y arreglo del sistema eléctrico de los equipos de aire acondicionado.
- Realizar prueba de vacío del sistema de aire acondicionado.
- Cargar el sistema de aire acondicionado con gas refrigerante.
- Realizar cualquiera de las funciones específicas del supervisor de mantenimiento de aire acondicionado.
- Elaboración de informes técnicos previos y culminada la labor.

3. REQUISITOS DEL PUESTO

Grado académico: Estudios técnicos en electricidad, mecánica, refrigeración industrial o carreras afines

Experiencia: Experiencia mínima 3 años ocupando el cargo. Conocimientos en equipos de aire acondicionado.

Informática: Manejo de paquetes Microsoft office nivel intermedio.

Horario de trabajo: De 8am a 5pm

De lo anterior, se muestra un organigrama del área de mantenimiento que corresponde a un flujo de trabajo estructurado para agilizar los procesos. Por tanto, debe estar bien consolidado, en este caso lo conforma el gerente general quien va a la cabeza de todos, el ingeniero residente, el ingeniero de seguridad, el asistente administrativo, el supervisor operativo y los grupos técnicos quienes realizarán el mantenimiento a los equipos.

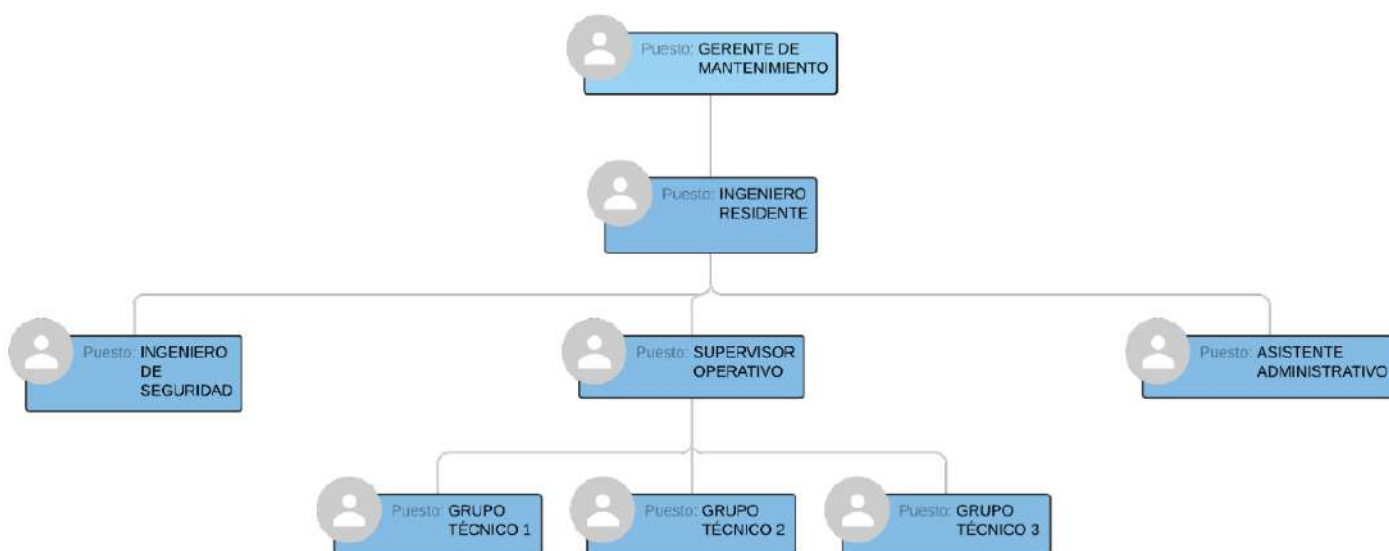


Figura 17. Organigrama del área de mantenimiento de la empresa

Paso 3: Capacitación al personal.

- Las capacitaciones que se desarrollarán estarán a cargo de una empresa tercerizada, especialista en los temas a tratar tanto en mantenimiento, seguridad y será brindado a todos los trabajadores del área.
- Este curso tendrá una duración total de diez horas que serán comprendidas en los dos días de entrenamientos y realizadas en las instalaciones de la empresa.
- Al final de cada día se realizará una evaluación por parte del consultor hacia los participantes.
- El costo de este curso es de S/ 2,500.00 soles.

CAPACITACIÓN PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
DÍA 1	DÍA 2
EXPLICACIÓN DEL CONCEPTO PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN, PASOS PARA IMPLEMENTACIÓN, OBJETIVOS DE LA EMPRESA, METAS Y BENEFICIOS DEL PLAN	ANALISIS DE FALLOS, USO DE FORMATOS, PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE DE LOS EQUIPOS DE A/A, SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA Y RESULTADOS DEL PLAN EN OTRAS EMPRESAS
INVERSIÓN	S/2,500.00

Figura 18: Plan de capacitación al personal.

Paso 4: Inventario de los equipos de aire acondicionado

El aire acondicionado, es un sistema muy utilizado en el hogar, en las empresas porque tiene la función de controlar la temperatura de un espacio en tiempos de verano o exista elevadas temperaturas en el ambiente por la misma producción; tiene las ventajas de eliminar la humedad del ambiente, mantener la circulación, el control de la salida del aire y su limpieza. Existen muchos tipos de estos equipos, tienen diferentes modelos y marcas, diferentes funcionalidades, tamaños, etc. Es así como, es de vital importancia se mantenga una temperatura constante y que el equipo esté disponible para evitar fallas funcionales, paradas no programadas en el proceso, en las maquinarias y en el mismo equipo.

La empresa en estudio posee equipos de aire acondicionado distribuidos en las áreas productivas y administrativas, en este caso, el área de Electrolisis es el área de producción en estudio al contar con un número mayor de equipos y que presentan más problemáticas, cuenta con 18 equipos, para la cual se presenta una lista ordenada de los equipos con alguna de sus características principales.





INVENTARIO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO			
Empresa:	Empresa metalúrgica S.A.C		
Total equipos:	18		
DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	CÓDIGO
Equipo A/A N° 1 sala de diodos	CLIMATE MASTER	TLV300AFD3AJFTS	7901-0370G2530
Equipo A/A N° 2 sala de diodos	CLIMATE MASTER	TLV300AFD3AJFTS	7901-0370G2531
Equipo A/A sala gabinete de control	CLIMATE MASTER	----	7901-0370G2610
Equipo A/A Paq. Tablero descortezador	CLIMATE MASTER	TLV120AFD3AJBFS	7901-0370G269-P1
Equipo A/A N° 1 del panel	YORK	H5CE090A46A	7901-0370G370-P1
Equipo A/A N° 2 del panel	YORK	H5CE090A46A	7901-0370G370-P2
Equipo A/A sala Relay	YORK	H5CE090A46A	7901-0370G370-P3
Equipo A/A tablero control trafo G565	RITTAL	----	7901-0370G565-1
Equipo A/A tablero control trafo	RITTAL	-----	7901-0370G566-2
Equipo A/A laboratorio Secc. 70- ducto	YORK	YAU24CR	7901-0370G571
Equipo A/A N°1 oficinas	LG	TN-C060BSA0	7901- 0370J001
Equipo A/A N°2 oficinas	LG	TN-C0362SAO	7901-0370J002
Equipo de A/A sala de reuniones	LG	----	7901-0370J004
Equipo A/A de tablero de grúa	CLIMASA	CLS	7901-03731020-P1
Equipo A/A sala transforectificador	YORK	DM300C00A4AAA2 A	7901-0373G1048-P1
Equipo A/A Tab CTRL transforectificador	RITTAL	SK3304100	7901-0373G1048-P2
Equipo A/A gabinete grúa fila 1	CLIMASA	CLS500	7901-0375G2133E22
Equipo A/A gabinete grúa fila 2	CLIMASA	CLS500	7901-0375G2134E22

Figura 19: Inventario de los equipos de aire acondicionado




- Componentes de los equipos de aire acondicionado.

El equipo de aire acondicionado está conformado por diferentes componentes, y cada uno de ellos realiza una función en especial. Entre los componentes principales están:

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO		
S I S T E M A D E R E F R I G E R A C I Ó N	1. Compresor	
	El compresor de alto rendimiento, tipo semi-hermético. Se caracteriza por una elevada eficiencia, funciona a velocidades inferiores a 1750 r.p.m., lo que le garantiza una elevada vida. El compresor opera con succión de gas refrigerante.	
	2. Condensador (zona caliente).	
	El condensador tiene la función de disipar el calor suministrado al refrigerante en el evaporador y disiparlo a otro medio haciendo la función de intercambiador. Cada condensador contiene tres zonas: En la primera zona, la zona de sobrecalentamiento, el refrigerante se sobrecalienta en forma de vapor hasta la temperatura de condensación. El refrigerante es entonces condensado en la segunda zona; temperatura y presión permanecen constantes durante este proceso. En la última zona, el refrigerante es enfriado por debajo de la temperatura de condensación pasando a ser líquido. Se compone de múltiples tubos de cobre soldados sin costura que han sido mecánicamente unidos para asegurar un ajuste de presión con las aletas de aluminio manteniendo un máximo contacto térmico. La superficie del tubo y las aletas de aluminio aseguran una transferencia de calor óptima.	
	3. Ventilador de condensación	
	Conjunto de motor – ventilador para la disipación del calor producido en el condensador su funcionamiento es automático en función de la presión del refrigerante siendo apto para el funcionamiento tanto en zonas calurosas como en ambientes fríos.	
	4. Acumulador de refrigerante.	
	Recipiente acumulador vertical de alta presión para el gas refrigerante, construido con plancha embutida de calidad especial y espesores con gran margen de seguridad, marcados según Normativa CE., incorporan una conexión de 1/4" NPT hembra para la ubicación de la válvula de seguridad.	

S I S T E M A D E R E F R I G E R A C I O N	1. Válvula de seguridad en sector de alta presión.	
	Válvula de seguridad incorporada en el recipiente de presión de refrigerante según Normativa con una presión de tarado de 27,5 Kg./cm ² . Conexión entrada 1/4" NPT., salida escape libre 3/8" SAE., su construcción es en latón forjado, muelle en inoxidable y cierre sintético indeformable sobre asiento pulido.	
	2. Filtro deshidratador.	
	Un contenido de humedad excesiva en el circuito refrigerante puede ocasionar un mal funcionamiento o fallo del sistema. Las causas de la humedad excesiva pueden ser motivadas por lo siguiente: uso de refrigerante o aceite húmedo, pérdidas en el circuito, servicios de muy mala calidad o secados incompletos del sistema. Las consecuencias de la humedad excesiva en el sistema son hielo, productos corrosivos y ácido. Impurezas sólidas como partículas de metal, costra, óxidos de metal o suciedad pueden causar fallos en el sistema. Un filtro secante tiene la función de proteger el sistema contra humedad y partículas de suciedad.	
	3. Visor de líquido de refrigerante con indicador de humedad.	
	Es un indicador para todos los refrigerantes convencionales. La visibilidad es óptima gracias a grandes diámetros de lente con características de ángulo ancho. Los visores con indicación de humedad nos permiten conocer en el momento el estado del fluido refrigerante, el color verde nos indicará que el gas está en perfectas condiciones sin humedad, si se observa que su color se torna amarillo existe demasiada humedad en el circuito frigorífico la unidad deberá ser revisada por personal cualificado.	
	4. Válvula de expansión termostática con compensación de presión externa	
	Las válvulas de expansión termostática son aparatos de regulación cuyo trabajo es siempre suministrar al evaporador la cantidad de refrigerante bajo las condiciones de trabajo requeridas. De este modo están pensados para mantener el equilibrio entre la entrada y salida en cada momento del trabajo para utilizar al máximo las superficies del evaporador con transferencias de calor.	
	5. Evaporador (zona fría).	

	<p>El evaporador tiene la función de absorber el calor suministrado al refrigerante en el aire de climatización y disiparlo a otro medio haciendo la función de intercambiador. Diseño: Se compone de múltiples tubos de cobre soldados sin costura que han sido mecánicamente unidos para asegurar un ajuste de presión con las aletas de aluminio manteniendo un máximo contacto térmico. La superficie del tubo y las aletas de aluminio aseguran una transferencia de calor óptima. El montaje de la batería es un conjunto cerrado en una carcasa de chapa galvanizada.</p>	
1. Válvula solenoide de 2-vías.		
	<p>Válvula solenoide empleada para cerrar el circuito cuando la maquina esta parada, esto almacena el líquido refrigerante para prevenir que en la arrancada el compresor tenga problemas con el refrigerante en estado líquido.</p>	
2. Presostato de alta.		
	<p>Presostato para controlar la alta presión de refrigerante. Su función es parar la maquina en sobrepasar los límites prefijados de presión. No probar de cambiar la graduación de los presostatos, porque, un cambio en la graduación puede provocar mal funciones en el proceso de la máquina.</p>	
3. Presostato de control de condensación.		
	<p>Sistema de control del refrigerante, este control determina el encendido y apagado del ventilador de condensación, la función es automática y sale regulada de nuestros tests. No probar de cambiar la graduación de los presostatos, porque, un cambio en la graduación puede provocar mal funciones en el proceso de la máquina.</p>	
4. Gas refrigerante en la unidad.		
	<p>El gas utilizado en la unidad HVAC es ecológico con la denominación R-507, es una mezcla azeotrópica de gases HFC compuesto por R-125 y R-134A, sin cloro y con átomos de hidrógeno, sin potencial destructor del ozono (ODP) y muy bajo efecto invernadero (GWP); estable químicamente, buenas propiedades termodinámicas y de toxicidad baja, tiene un valor de AEL (Allowable Exposure Limit) de 100 ppm (8 horas, TWA). Precaución en</p>	

COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO		
S I S T E M A D E V E N T I L A C I Ó N	1. Ventilador de impulsión.	
	Ventilador centrífugo de doble aspiración de baja / media presión para la impulsión de aire al cuadro.	
	2. Motor eléctrico ventilador.	
	Motor eléctrico para la transmisión mecánica del ventilador, la transmisión con el ventilador se efectúa mediante transmisión por poleas y correas trapezoidales disponiendo de una base tensora regulable lo que permite el tensado de las correas cuando sea preciso.	
	3. Filtro de recirculación.	
	Se usa como estándar un filtro de aire de clase EU-4. Es un tejido no trenzado de alto funcionamiento fabricado resistente a la rotura, de fibras sintéticas orgánicas, limitado térmicamente a 100 °C. Con una clasificación respecto al fuego de F 1, el material utilizado está en concordancia según DIN 24185 y EN 779 CEN TC 195. La presión diferencial final máxima es de 300 Pa, la eficacia de separación de partículas es de 90%. Los filtros de aire están ubicados en la caja de entrada de aire y puede salir fácilmente del aparato.	



COMPONENTES DE UN EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO	
Trasductor de temperatura.	
onda para medir la temperatura, con la cual el autómata programable interpretara la señal en forma de mA, el cual dependiendo del valor realizara una acción u otra, los parámetros son modificables desde la pantalla táctil.	
Termostato programable.	
istema de Control mediante procesador para la gestión del sistema, es de lógica programable que mediante sensores externos de temperatura, de presión y de estado de funcionamiento dialoga con el panel del operador controlando en automático el proceso de la unidad, la comunicación con la pantalla táctil del operador se puede efectuar sobre pedido mediante un cable de serie de hasta 50 mts, opcionalmente están disponibles sistemas de conexión a red y módem mediante números móviles GSM, funciones o alarmas. El sistema permite además verificar, actualizar y modificar los parámetros funcionales de la friidora mediante ordenador remoto a través de Internet.	

Figura 20: Componentes de los equipos de aire acondicionado

- Ficha técnica de los equipos de aire acondicionado

En la ficha técnica se van a representar la descripción de las características de los equipos de aire acondicionado, para su conocimiento general por parte de todo el equipo, este servirá para facilitar su ubicación y conocer su funcionamiento en caso de que ocurriera una situación reactiva y tomar acciones inmediatas, ver anexo 6.

Paso 5: Formato del análisis de criticidad de los equipos

Aplicar un plan de mantenimiento preventivo no es beneficioso si se realiza a todos los equipos o maquinarias, porque también existen aquellos equipos cuya falla no afecta al sistema de producción a comparación de otros equipos que, si son críticos que cuando fallan, producen una parada total y suspensión drástica de la producción. Para determinar que equipos son críticos o no, es necesario realizar un análisis de criticidad por medio de una matriz de frecuencia, para ello se muestran los criterios de 4 indicadores con sus puntuaciones: Seguridad y medio ambiente, producción, calidad y mantenimiento.

EVALUACIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS			
ASPECTO	DESCRIPCIÓN		PUNTUACIÓN
CALIDAD	Influencia en la calidad del servicio	Desisiva	5
		Importante	4
		Sensible	3
		Nula	2
SEGURIDAD	Influencia en la seguridad	Riesgo normal	5
		Riesgo para instalación	4
		Influencia relativa	3
		Sin influencia	1
PRODUCCIÓN	Tasa de utilización del equipo	>80%	4
		Entre 50 y 80%	2
		<50%	1
	Equipo auxiliar	Sin probabilidad de reemplazo	5
		Equipos de la misma clase en el á	4
		Equipos con duplicado	1
	Influencia sobre el proceso	Paro de proceso	5
		Influencia importante	4
		Influencia relativa	3
MANTENIMIENTO	Costo mensual de mantenimiento	Elevado	4
		Medio	2
		Reducido	1
	Horas de paro al mes	Elevado	4
		Medio	2
		Bajo	1
	Grado de especialista	Especialista	4
		Normal	2
		Sin especialidad	1

Figura 21: Análisis de criticidad de los equipos

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento, García 2003

De acuerdo con el puntaje que se obtienen, con la suma de los indicadores, se establecen en 3 grupos para obtener el nivel de criticidad.

Tabla 9.

Puntuación de los niveles de criticidad.

PUNTUACIÓN	NIVEL DE CRITICIDAD
Entre 25 y 35	Alta criticidad
Entre 16 y 24	Criticidad media
Menor a 15	Baja criticidad

Fuente: Organización y gestión integral del mantenimiento, García 2003

Por consiguiente, se procede a evaluar cada equipo y asignar una de las puntuaciones correspondientes.

IT	DESCRIPCIÓN	CALIDAD	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN		MANTENIMIENTO				VALOR DE CRITICIDAD	CRITICIDAD
		Influencia en la calidad del servicio	Influencia en la seguridad	Tasa de utilización del equipo	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Costo mensual de mantenimiento	Horas de paro al mes	Grado de especialista		
1	EQUIPO A/A N° 1 SALA DE DIODOS	4	4	4	4	4	4	2	4	30	ALTA CRITICIDAD
2	EQUIPO A/A N° 2 SALA DE DIODOS	4	4	4	4	4	4	2	4	30	ALTA CRITICIDAD
3	EQUIPO A/A SALA GABINETE CONTROL	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
4	EQUIPO A/A PAQ. TABLERO DESCORTEZADOR	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
5	EQUIPO A/A #01 DEL PANEL	2	3	2	4	3	2	2	1	19	CRITICIDAD MEDIA
6	EQUIPO A/A #02 DEL PANEL	2	3	2	4	3	2	2	1	19	CRITICIDAD MEDIA
7	EQUIPO A/A SALA RELAY	2	3	4	1	3	2	2	1	18	CRITICIDAD MEDIA
8	EQUIPO A/A TABLERO CONTROL TRAF0 G565	2	3	4	5	3	2	2	1	22	CRITICIDAD MEDIA
9	EQUIPO A/A TABLERO CONTROL TRAF0	2	3	4	5	3	2	2	2	23	CRITICIDAD MEDIA
10	EQUIPO A/A LABORATORIO SECC 70- DUCTO	2	1	4	1	3	1	1	1	14	BAJA CRITICIDAD
11	EQUIPO A/A #1 OFICINAS	2	1	2	1	3	1	1	1	12	BAJA CRITICIDAD
12	EQUIPO A/A #2 OFICINAS	2	1	2	1	3	1	1	1	12	BAJA CRITICIDAD
13	EQUIPO DE A/A SALA DE REUNIONES	2	1	4	1	3	1	1	1	14	BAJA CRITICIDAD
14	EQUIPO A/A DE TABLERO DE GRUA	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
15	EQUIPO A/A SALA TRANSFORECTIFICADOR	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
16	EQUIPO A/A TAB CTRL TRANSFORECTIFICADOR	4	4	4	5	4	2	2	4	29	ALTA CRITICIDAD
17	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 11	4	4	4	4	4	2	2	4	28	ALTA CRITICIDAD
18	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 12	4	4	4	4	4	2	2	4	28	ALTA CRITICIDAD

De la tabla anterior, los resultados obtenidos de los equipos críticos, semi críticos y bajos en criticidad se representan en la siguiente figura.

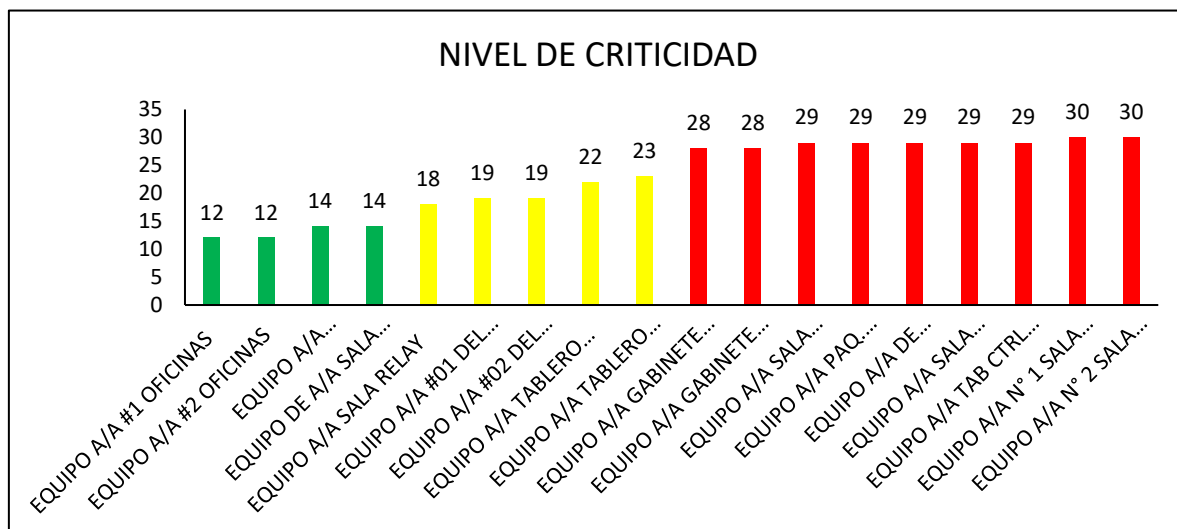


Figura 22: Nivel de criticidad de los equipos de aire acondicionado

Paso 6: Formato para el análisis de modo y efecto de fallos (AMEF)

El análisis de modo y efecto de fallos (AMEF), es un método y una forma para identificar los problemas potenciales o conocidos y sus posibles efectos en el sistema para priorizarlos y poner a concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y de respuesta.

Los beneficios que trae son:

- Identificar las fallas o defectos antes de que estos ocurran.
- Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios ya que reduce los tiempos de desperdicios y retrabajos.
- Reducir los costos de garantías
- Procesos de desarrollo más cortos

Entonces, los pasos para realizar un análisis de modo y efecto de fallos consisten en: determinar los equipos a analizar (aire acondicionado), luego se determinan los posibles modos de falla y sus efectos, asignándole ponderaciones (puntuaciones) para finalmente hallar el número prioritario de riesgo. Las ponderaciones son las siguientes: Grado de severidad, ocurrencia y detección.

GRADO DE SEVERIDAD		
Efecto	Criterio	Nivel
Peligroso sin aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre sin previo aviso	10
Peligroso con aviso	La falla afecta la operación segura del equipo, puede poner en riesgo al operador, la falla ocurre con previo aviso	9
Muy alto	Puede ser que el 100% del producto se deseche. Paro de línea	8
Alto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción se deseche. Desviación del proceso primario incluyendo un decremento en la velocidad de la línea o adicción de mano de obra	7
Moderado	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y se aceptada	6
Bajo	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse fuera de la línea y ser aceptada	5
Muy bajo	Puede ser que el 100% de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada	4
Remoto	Puede ser que una proporción de la corrida de producción tenga que re-trabajarse en la estación, antes de ser procesada.	3
Muy remota	Leve o ligera inconveniencia al proceso, operación u operador	2
Ninguno	Sin efecto discernible	1

Figura 23: Ponderación del grado de severidad

Fuente: Análisis de modo y efecto de fallas potenciales, Villanueva, 2010.

GRADO DE OCURRENCIA		
Efecto	Criterio	Nivel
Muy alta. Fallos muy repetitivos	1 falla al mes	5
Alta. Fallos repetitivos	1 falla entre 1 a 3 meses	4
Moderada. Fallos ocasionales	1 falla entre 3 meses a 6 meses	3
Baja. Pocos fallos	1 falla entre 6 meses a un año	2
Muy baja. Muy pocos fallos	1 falla cada año	1

Figura 24: Ponderación del grado de ocurrencia

Fuente: Análisis de modo y efecto de fallas potenciales, Villanueva, 2010.

GRADO DE DETECCIÓN		
Probabilidad de detección	Criterio	Nivel
Casi imposible	Sin control de proceso actual. No puede detectarse	10
Muy remota	La causa del modo de falla no es fácilmente detectada	9
Remota	Detección del modo de falla posterior al procesamiento, por el operador por medios visuales/táctiles/audibles.	8
Muy baja	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través de medios visuales/táctiles/audibles	7
Baja	Detección del modo de falla posterior al procesamiento, por el operador con el uso de gages de atributos (pasa/no pasa)	6
Moderada	Detección del modo de falla en la estación por el operador a través del uso de gages o controles que notifiquen al operador (luz, timbre)	5
Moderadamente alta	Detección del modo de falla posterior al procesamiento por controles automatizados	4
Alta	Detección del modo de falla en la estación por controles automatizados	3
Muy alta	Detección de las causas del fallo en la estación por controles automatizados que detectan el error y lo previenen	2
Casi cierta	Prevención de las causas del fallo como resultado de diseño de un dispositivo, diseño de la máquina o diseño de la parte	1

Figura 25: Ponderación del grado de detección.

Fuente: Análisis de modo y efecto de fallas potenciales, Villanueva, 2010.

De acuerdo con las puntuaciones anteriores, se podrán realizar la matriz AMFE para determinar las fallas potenciales y funcionales del sistema.

$$\text{NPR} = \text{SEVERIDAD} \times \text{OCURRENCIA} \times \text{DETECCIÓN}$$

Tabla 10.
Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF).

Componente	Modo de fallo potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Compresor	Sobrepresión en la salida	Aire a temperatura ambiente	6	Recarga excesiva de refrigerante	2	Técnico reporta el fallo	5	60	Inspeccionar visualmente la tubería de alta presión
	Baja presión en la entrada	Congelamiento del sistema	6	Fuga de refrigerante en el sistema	3	Técnico reporta el fallo	6	108	Inspeccionar el sistema en búsqueda de fugas
Serpentines	Suciedad	Congelamiento del sistema	5	Presencia de impurezas en el sistema	5	Técnico reporta el fallo	5	125	Realizar limpieza del serpentín
Válvula de expansión directa	Obstrucción	Climatización ineficiente	6	Presencia de impurezas en el sistema	2	Técnico reporta el fallo	1	12	Inspeccionar el correcto funcionamiento de la válvula. Revisar el funcionamiento del filtro secador
Filtro	Suciedad	Climatización ineficiente; congelamiento del sistema	7	Baja presión en la unidad interior, debido a la falta de circulación eficiente de aire	5	Técnico realiza el mantenimiento	4	140	Realizar limpieza del filtro
	Suciedad	Flujo de aire ineficiente; malos olores	6	Acumulación de partículas de polvo y suciedad en las rejillas	3	Técnico realiza el mantenimiento	7	126	Realizar limpieza del ventilador
Ventilador interior	Aspa rota	Vibraciones; ruido	7	Desbalance en las aspas	2	Técnico reporta el fallo	7	98	Verificar el estado del ventilador. Ajustar de ser necesario
	Atascamiento	No hay flujo de aire	7	Motor averiado, objeto en el interior del ventilador	2	Técnico reporta el fallo	8	112	Verificar el estado del motor. Retirar cualquier objeto del interior del ventilador
Sistema de control	No hay señal	El sistema no se desactiva con la apertura de la puerta	8	Ajuste del sensor	2	Técnico realiza el mantenimiento	5	80	Revisar estado del sensor
	No hay señal	El control de pared no funciona	8	Lector o tarjeta dañada	2	Técnico realiza el mantenimiento	7	112	Verificar estado de tarjeta y del lector. Ajustar o cambiar en caso de ser necesario
	No hay señal	El display no funciona	8	Tarjeta en mal estado	2	Técnico realiza el mantenimiento	7	112	Verificar estado de tarjeta. Ajustar o cambiar en caso de ser necesario
Desagüe	Obstrucción	Pérdida de agua por el frente del sistema	6	Suciedad acumulada	4	Técnico realiza el mantenimiento	5	120	Limpiar la manguera de desagüe

Paso 7: Adquisición de repuestos, equipos, herramientas e instrumentos

Por otro lado, los repuestos, herramientas y equipos de trabajo son indispensables y necesarios para llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo; por tal motivo, deben estar disponibles en el momento en el que se requieran para su utilización en base al programa establecido. Todas las áreas relacionadas al mantenimiento deben estar siempre en constante comunicación, tener compromiso y compartir información para que lo planificado y programado resulte provechoso, optimo en favor de toda la empresa.

CONSUMIBLES PARA EQUIPO A/A TIPO PAQUETE				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo Total (S/.)
1	Gas refrigerante R-410	S/330.00	4	S/ 1,320.00
2	Aceite Poliester	S/233.80	2	S/ 467.60
3	Trapos de limpieza	S/ 1.00	80	S/ 80.00
4	Lata de grasa	S/ 90.00	4	S/ 360.00
5	Pintura epoxica gris	S/132.00	2	S/ 264.00
6	Limpiacontactos	S/ 25.00	4	S/ 100.00
7	Cinta de aluminio	S/ 29.00	4	S/ 116.00
8	Anti clean	S/ 18.00	4	S/ 72.00
9	Silicona	S/ 30.00	2	S/ 60.00
10	Rollo de cable eléctrico	S/105.00	1	S/ 105.00
11	Pernos, arandelas y tuercas	S/ 2.50	50	S/ 125.00
TOTAL				S/ 3,069.60

Figura 26: Costos de consumibles para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

En la figura N° 26, muestra los costos anuales de los consumibles para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de los consumibles para el plan de mantenimiento preventivo es de S/. 3,069.60.

STOCK DE REPUESTOS PARA EQUIPO A/A TIPO PAQUETE				
Item	Descripción del articulo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Compresor r410 a 460v/3ph/60hz Climate master 150.000btu/h	S/ 10,533.80	2	S/ 21,067.60
2	Condensador de tubos	S/ 3,560.00	2	S/ 7,120.00
3	Ventilador de condensacion	S/ 680.00	2	S/ 1,360.00
4	Acumulador de refrigerante	S/ 145.00	2	S/ 290.00
5	Valvula de seguridad de alta presion	S/ 156.50	4	S/ 626.00
6	Filtro deshidratador	S/ 196.02	4	S/ 784.08
7	Visor de liquido de refrigerante con indicador de humedad	S/ 68.00	4	S/ 272.00
8	Valvula de expansion climate master	S/ 839.09	6	S/ 5,034.54
9	Evaporador de tubos	S/ 4,525.00	2	S/ 9,050.00
10	Valvula solenoide para refrigeracion de 2 vias	S/ 168.00	4	S/ 672.00
11	Presostato de alta con diferencial r410 con capilar	S/ 154.16	8	S/ 1,233.28
12	Tarjeta de control climatemaster	S/ 1,051.84	2	S/ 2,103.68
13	Termostato programable 24 volt-rango: 5 a 37°c	S/ 263.67	2	S/ 527.33
14	Sensor para evaporador climate master	S/ 172.52	4	S/ 690.08
15	Sensor para condensador climate master	S/ 193.44	4	S/ 773.74
16	Capacitor 20mf 440v/370v -40 a 70 °f	S/ 22.33	9	S/ 200.97
17	Condensador 10 microfaradios 370 vac	S/ 19.90	9	S/ 179.10
18	Transformador 220v a 24v /100va ,2.5 amp	S/ 64.63	2	S/ 129.26
19	Contactador 30 a 3ph	S/ 271.93	4	S/ 1,087.71
20	Rele de 8 pines con base 220 voltios	S/ 40.25	4	S/ 161.00
21	Relay encapsulado 5 pines 24v	S/ 32.74	4	S/ 130.97
22	Valvula servicio sistema refrigeracion	S/ 9.21	10	S/ 92.10
TOTAL				S/ 53,585.44

Figura 27: Costos de Stock de repuestos para el Plan de Mantenimiento preventivo de los equipos.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 27, muestra los costos anuales de repuestos para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual del stock de repuestos para el plan de mantenimiento preventivo es de S/. 53,585.44.

LISTA DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Juego de destornillador dado (medidas: 5/16 ", ¼ ", 3/8 ", ½ ")	S/ 34.90	1	S/ 34.90
2	Llave francesa (medidas: 8", 10", 12")	S/ 50.50	1	S/ 50.50
3	Juego de alicates (universal punta y corte) Stanley mango amarillo	S/ 60.00	1	S/ 60.00
4	Destornillador plano, estrella de golpe ¼ x 4" Stanley	S/ 20.00	1	S/ 20.00
5	Cuchilla retractil stanley 10-143	S/ 21.00	4	S/ 84.00
6	Jgo de limas pequeñas 22-314 Stanley por 5 pza.	S/ 59.90	1	S/ 59.90
7	Jgo de llaves allen mm 69-253 Stanley	S/ 44.90	1	S/ 44.90
8	Wincha de 5 mts stanley	S/ 13.90	1	S/ 13.90
9	Lima plana y redonda con mango de Pvc nicholson 10"	S/ 39.90	1	S/ 39.90
10	Martillo de goma con mango madera 57-516 Stanley	S/ 16.90	1	S/ 16.90
11	Engrasadora truper con manguera 14861	S/ 43.90	1	S/ 43.90
12	Maleta de herramientas de 21" urrea cpu20a Heavy duty	S/ 78.00	1	S/ 78.00
13	Balde de pvc 20 lts	S/ 25.00	2	S/ 50.00
14	Jgo.d/expandidor y cortatubo de 3/16 a 5/8 -rr-1226	S/ 45.00	1	S/ 45.00
15	Jgo.de mangueras de carga d/tres colores 5' -40360 (1.5 mts.)	S/ 55.00	1	S/ 55.00
16	Destornillador dieléctrico plano y estrella Stanley	S/ 20.00	1	S/ 20.00
17	Extensión eléctrica de 15 mts. aprox.	S/ 69.90	1	S/ 69.90
18	Escuadra 45-600 Stanley 24"	S/ 28.50	1	S/ 28.50
19	Comba metalico con mango de pvc de 4 libras marca truper	S/ 22.00	1	S/ 22.00
TOTAL				S/ 837.20









Figura 28: Costos de Lista herramientas para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 28, muestra los costos anuales de la lista de herramientas de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de herramientas para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 837.20.

Tabla 11:

Herramientas y materiales para en plan de mantenimiento preventivo

LISTA DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES	
<ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves milimétricas y en pulgadas 	<ul style="list-style-type: none"> Juego de llaves mixtas en pulgadas 
<ul style="list-style-type: none"> Manómetro frigorista 	<ul style="list-style-type: none"> Maleta de herramientas 
<ul style="list-style-type: none"> Juego de Destornilladores Dieléctricos 	<ul style="list-style-type: none"> Destornillador de Golpe de Estrella y Plano 
<ul style="list-style-type: none"> Pinza perimétrica 	<ul style="list-style-type: none"> Escalera 8 pasos tipo plataforma 

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

LISTA DE EQUIPOS DE TRABAJO				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Sopladora de aire con proteccion a tierra	S/ 199.90	1	S/ 199.90
3	Amoladora	S/ 500.00	1	S/ 500.00
4	Taladro percutor	S/ 250.00	1	S/ 250.00
5	Hidrolavadora de alta presion agua fria de uso industrial	S/ 1,399.00	1	S/ 1,399.00
6	Marcador eléctrico	S/ 140.00	1	S/ 140.00
12	Equipo de soldar	S/ 399.00	1	S/ 399.00
13	Bomba d/vacio c/motor 3/4hp	S/ 450.00	1	S/ 450.00
15	Cautin tipo lapiz de 30 watts	S/ 900.00	1	S/ 900.00
17	Escalera de 4 pasos tipo tijera doble acceso	S/ 280.00	1	S/ 280.00
19	Botella de nitrogeno	S/ 1,559.88	1	S/ 1,559.88
TOTAL				S/ 6,077.78

Figura 29: Costos de Lista de equipos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 29, muestra los costos anuales de la lista de equipos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de equipos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 6,077.78.

LISTA DE INSTRUMENTOS DE TRABAJO				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Pinza amperimétrica	S/ 70.00	1	S/ 70.00
2	Termómetro infrarojo digital	S/ 99.00	1	S/ 99.00
3	Megómetro digital	S/ 560.00	1	S/ 560.00
4	Manifold c/3mang, 2 manom r22,r404a,r410a	S/ 50.00	4	S/ 200.00
5	Alineador de poleas laser	S/ 5,230.00	1	S/ 5,230.00
6	Multímetro digital	S/ 110.00	1	S/ 110.00
7	Regulador de nitrogeno de alta 0 - 3000 psi	S/ 370.00	1	S/ 370.00
8	Manómetro frigorífico	S/ 289.00	1	S/ 289.00
TOTAL				S/ 6,928.00

Figura 30: Costos de Lista de instrumentos de trabajo para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 30, muestra los costos anuales de la lista de instrumentos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de instrumentos de trabajo para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 6,928.00.

Paso 8: Elaboración de formatos de mantenimiento

Los formatos son los documentos donde se registran los tiempos, los parámetros, las actividades realizadas, información del equipo, información del proceso a llevarse a cabo, etc. del personal y los equipos para tener un control y seguimiento. A continuación, se muestran algunos de estos formatos que se emplearon en el mantenimiento ver anexo 7.

Paso 9: Elaboración de procedimientos de trabajo de mantenimiento

El procedimiento de trabajo consiste en las labores que se constituyen para realizar el trabajo de mantenimiento antes, durante y después de las acciones correspondientes.

- Proceso de bloqueo y etiquetado

En el plan de mantenimiento se debe considerar el procedimiento de bloqueo y etiquetado de los equipos de aire acondicionado a los cuales se le realizará el mantenimiento porque, esta acción permitirá que se trabaje con mayor seguridad y así evitar accidentes en los trabajadores.

Objetivo

Establecer directrices para la realización de bloqueo y control de energías, a fin reducir la probabilidad de accidentes debido a una energización inesperada, accionamiento o fuga de las energías residuales de la máquina o equipo durante la ejecución de servicios o mantenimiento en máquinas, equipos y procesos, así como durante la instalación, inspección, limpieza, cambios, lubricaciones, reparaciones, montajes o ajustes.

A continuación, se muestra el flujograma del procedimiento que consta de seis pasos para el bloqueo y etiquetado.

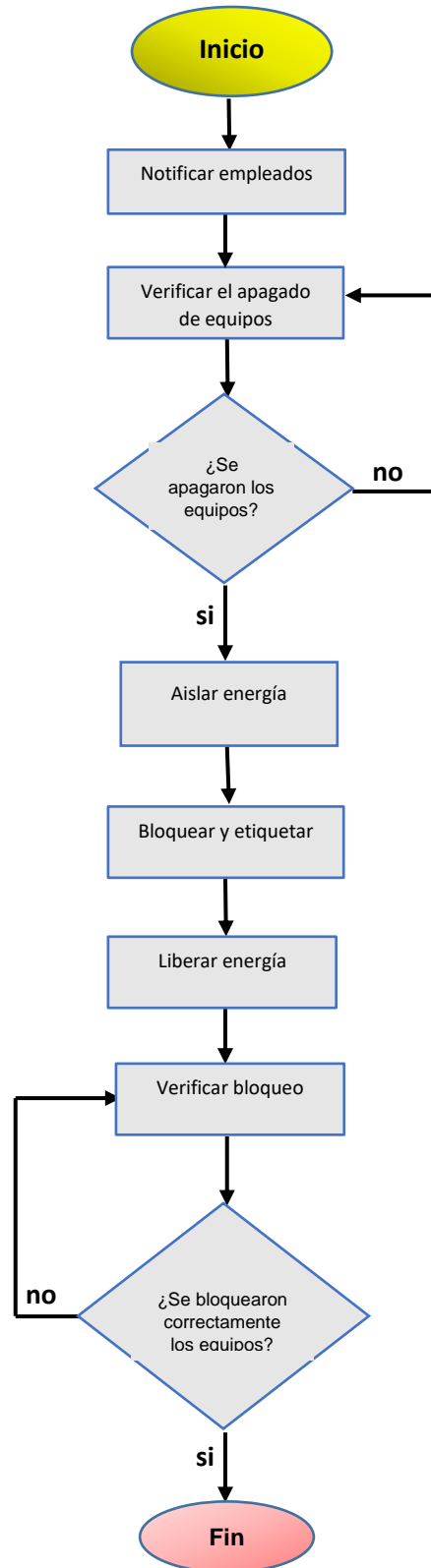


Figura 31: Flujograma del proceso de bloqueo y etiquetado de los equipos

- **Dispositivos de bloqueo**

Es el dispositivo normado y especialmente utilizado para mantener el DAE en la posición segura, previniendo su accionamiento. Debe ser utilizado siempre con una tarjeta. ejemplo: candados, multi bloqueos, cadenas, bloqueo de válvulas y disyuntores.

Los candados autorizados son:

- **NEGRO:** Utilizado por el oficial Bloqueo, en el panel o caja de bloqueo.
- **DORADO:** Utilizado por el ejecutante de Bloqueo en la fuente de energía
- **AZUL:** Utilizado por el oficial de Bloqueo en conjunto con la tarjeta de transferencia para identificar el cese temporal de la actividad.
- **ROJO:** Utilizado por cualquier empleado, contratista o visitante, para el trabamiento de la caja/panel de bloqueo.
- Solamente pueden ser utilizados dispositivos de bloqueo aprobados por el área de seguridad, salud y medio ambiente.
- Los candados y sus respectivas llaves deben ser numerados.

- **Etiquetado**

Es el acto de colocar una etiqueta de señalización propia en el DAE, panel/caja de bloqueo, y que además sea visible y adecuada, facilitando la orientación para que la energía aislada no sea liberada hasta que ocurra el desbloqueo.

Las Tarjetas estandarizadas en la empresa son cuatro:

- **AMARILLA:** Caja de bloqueo/Panel de Bloqueo;
- **BLANCA:** Fuente de energía
- **AZUL:** Transferencia
- **ROJA:** Desbloqueo excepcional

Notas: Siempre los “etiquetados” deben acompañar a la colocación de los candados.



Figura 32: Proceso de etiquetado y bloqueo por los trabajadores

- **Mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado tipo paquete**

Cada uno de estos pasos de mantenimiento preventivo se detallan de la siguiente manera:

Participar en la inducción de 5 min; registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, Inspección de uso de las herramientas.

Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.



Figura 33. Inducción de 5 minutos

El líder de cada grupo coordinara con el jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinara el traslado de las herramientas que se utilizara al punto de trabajo.



Figura 34. Traslado de herramientas

Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área.



Figura 35. Coordinación con los jefes de guardia

Se procede a la desconexión directa de energía:

- Verificación de energía 0 y purga de la residual.
- Realizar el desmontaje del equipo de manera correcta y segura, mínimo entre dos personas.
- El área tiene que quedar despejada”.



Figura 36. Verificación de energía 0

Se procede a la revisión total del equipo: (reemplazar de ser necesario). Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario. Se toma las presiones adecuadas para su buen funcionamiento.

- Se lava a presión el serpentín, se utiliza una hidrolavadora
- Desarmar el equipo para su revisión general, se utiliza desarmadores y llaves posterior limpieza manual del equipo.
- Se procede a la revisión eléctrica y mecánica en el interior del equipo. Visual o mediante megometro o pinza amperimétrica que se encuentre calibrado.
- Se revisarán partes eléctricas del equipo motores, tarjetas, cableado interno, visual o manualmente utilizando los guantes para ver si hay algún defecto.
- Se revisarán partes mecánicas correas, aspas, alavés, etc. Si se encuentran deficientes se realiza el cambio total de la pieza
- Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario (se toman las presiones adecuadas para el buen funcionamiento del equipo). Se coloca la manguera al tanque de gas y posterior al equipo. tiene que estar en perfectas condiciones.
- Se lava el equipo a presión con la hidrolavadora."



Figura 37. Lavado de los equipos

Se procede armar el quipo. Se realiza el montaje y/o colocación en su lugar. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se detalla las observaciones encontradas.

- "Postura / Realizar pausas activas.
- Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras.
- Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva."



Figura 38. Montaje y/o colocación en su lugar de las piezas del equipo

Con cinta platinada se procede a cerrar los bordes. Se realiza la conexión de equipo. Se deja el equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se reporta las observaciones encontradas para programar los planes de acción.

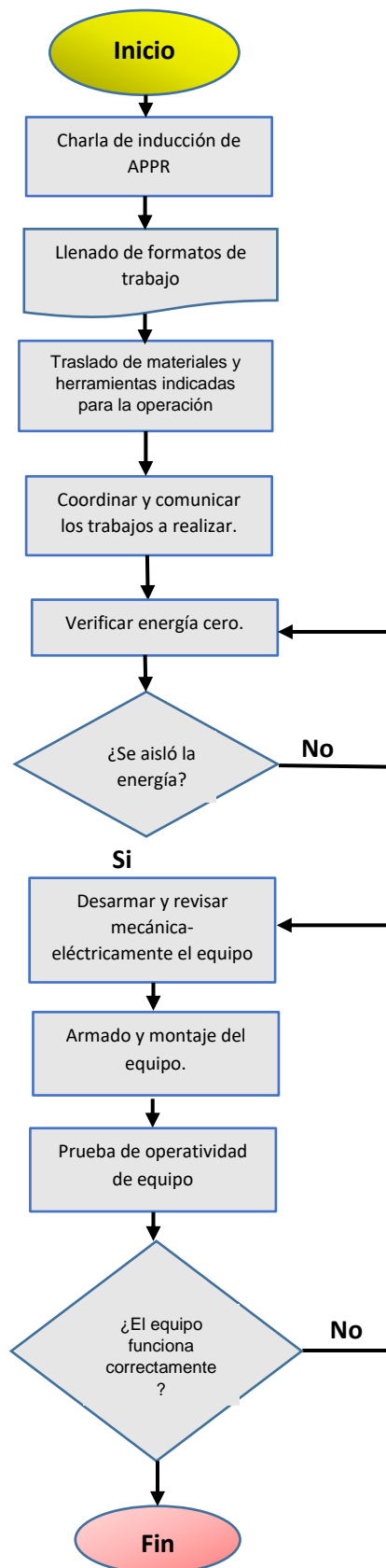


Figura 39: Mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado tipo paquete

- **Inspección, verificación de corriente de equipos de aire acondicionado tipo paquete**

En el caso de las inspecciones, los procedimientos son similares al del mantenimiento, se detalla en el siguiente diagrama:

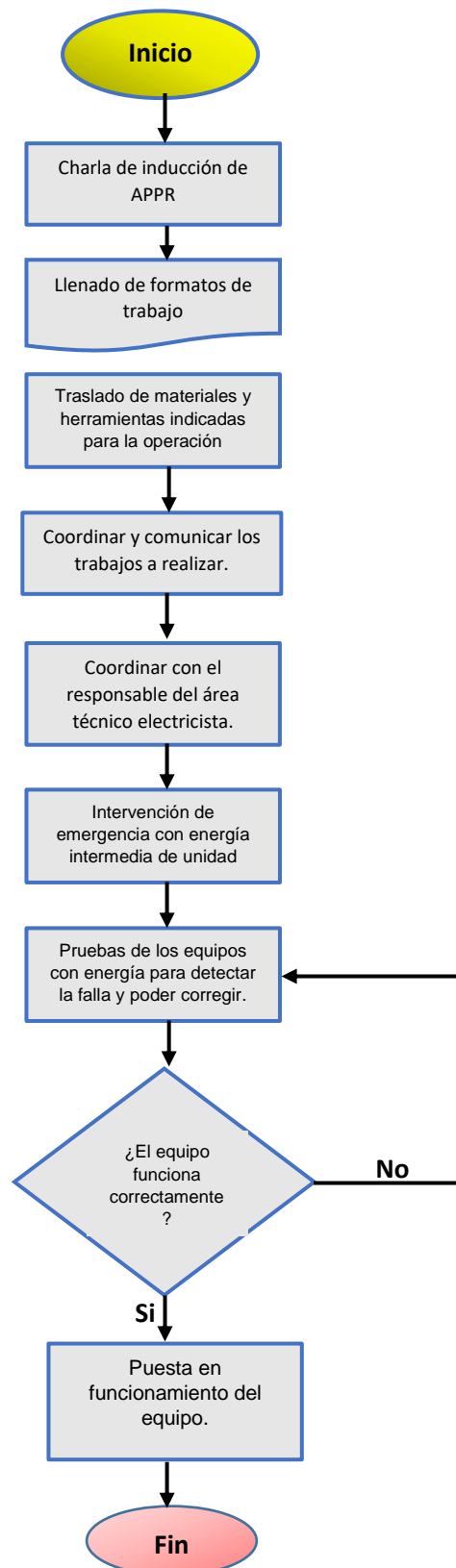


Figura 40: Inspección, verificación de corriente de equipos de aire acondicionado tipo paquete

Participar en la inducción de 5 min, registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, inspección del uso de las herramientas.

Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.

El líder de cada grupo coordinara con el jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinara el traslado de las herramientas que se utilizara al punto de trabajo: 01 caja de herramientas manuales y un letrero de advertencia de trabajo, en caso se tenga el vehículo disponible hacer uso de ella.

Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área.

El solicitante de trabajo tramita si es que amerita el requerimiento del equipo a intervenir. El oficial de bloqueo coordina con el electricista de guardia y/o de área para realizar el trabajo. se procede a:

- Verificación de energía cero y purgar de ser necesario. Retirar las tapas protectoras del equipo.
- Se remueven las partes móviles del equipo para mejorar la visibilidad del trabajo a realizar.
- ✓ Verificar si se amerita retirar algún dispositivo del equipo Split decorativo, Split ducto o paquete.

Intervención de emergencia con energía intermedia de unidad A/A Tipo paquete

Realizar el encendido eléctrico del equipo, desde el termostato del ambiente interior.

Evaluar el funcionamiento inicial de la unidad A/A (Compresores, motor y bastidores.

De encender correctamente el panel eléctrico y mediante pinza Amperimétrica el uso de pinza Amperimétrica.

Verificar el consumo de corriente de trabajo y de la misma forma con el uso del manómetro determinar la presión manométrica de trabajo del circuito de refrigeración

De observar anomalías de los parámetros de funcionamiento se valuará la condición de limpieza del evaporador y condensador. Asimismo, y también determinar la operación correcta de la transmisión mecánica del evaporador

De observar la falta de ajuste del sistema de transmisión mecánica (Fajas de transmisión o bases de anclaje) Coordinar con el supervisor del área y electricista , poder desenergizar el equipo localmente desde el tablero eléctrico y corregir la falla mecánica del equipo en estado de energía cero

De observar suciedad severa en el evaporador y condensador , los cuales estén afectando la operación manométrica del refrigerante. De la misma manera coordinar con y el electricista cortará localmente el fluido eléctrico del equipo, realizar el test de energía cero y proponer condiciones favorables para hacer brevemente el lavado mediante un hidrolavadora, el evaporador y el condensador para eliminar cierto porcentaje del nivel de suciedad del equipo.

De observar la falta de racionamiento del motor Brower y motor ventilador y compresor, a su vez algún componente eléctrico. Se cortará el fluido eléctrico del equipo y revisar el problema hasta detectar el elemento en falla y su posterior corrección, todo se realizará mediante el uso de una pinza Amperimétrica y megómetro.

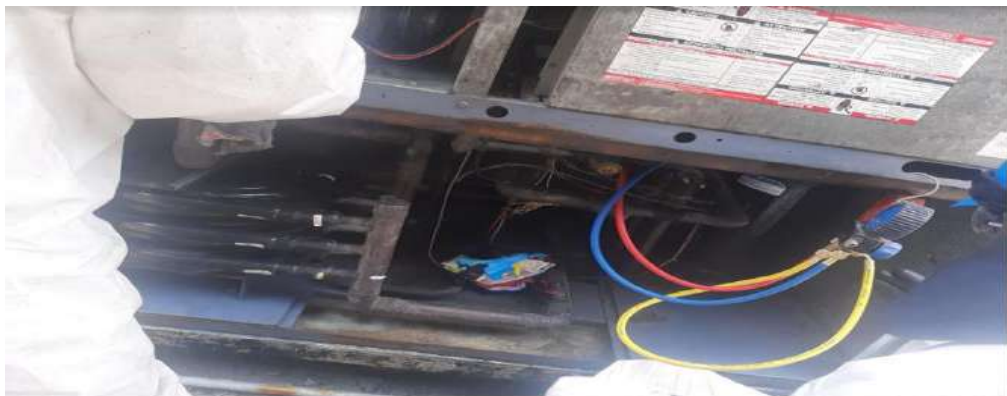


Figura 41. Revisión del sistema eléctrico

De haber corregido estos problemas en el equipo con cierto grado de limpieza se determina la presión manométrica del refrigerante, si se observa falta de carga se realiza la recarga con gas R-22 o R-410 mediante el uso del nanómetro y balón de refrigerante.

De haber estabilizado los parámetros de operación del equipo dentro del rango y posterior se informa al encargado de NEXA solicitando que se programe el mantenimiento preventivo de la unidad de A/A intervenida. Orden y limpieza y retiro de recursos.

Realizar el armado de la unidad condensadora. Así mismo se procede a realizar el monitoreo del equipo ya sea Split decorativo, Split manga o tipo paquete. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad y se reportan las observaciones encontradas para programar los planes de acción futuros.

Realizar la toma de parámetros para la verificación de que el equipo funcione correctamente (Amperaje en líneas, presiones en alta y baja, temperaturas en las tuberías, etc.). Se deja equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo.



Figura 42. Toma de parámetros de los equipos

III. PROGRAMACIÓN

Paso 10: Programación del mantenimiento

El programa de mantenimiento se representa por medio de un cuadro de actividades, la frecuencia de la realización en periodos de tiempo prolongados, los recursos humanos que realizarán las tareas asignadas para el cumplimiento de los objetivos. De acuerdo con los procedimientos se establece un programa.


Las unidades necesitan mantenimiento especializado por parte de las recomendaciones del fabricante; de manera general se requieren inspección y limpieza de los serpentines interior y exterior, requieren de revisión para la adecuada circulación del aire (succión y descarga) una vez al mes y limpieza de las superficies.

A continuación, se muestra en la figura N° 21 los programas de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado anual.

10.1. Dentro del programa de mantenimiento, se realizaron una serie de actividades preventivas que se describen de la siguiente manera:

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
Periodo:	Mensual
Actividad 1:	Limpieza
<ul style="list-style-type: none">• Limpieza exterior del evaporador• Limpieza del serpentín del enfriamiento• Limpieza del contactor del ventilador• Limpieza exterior del condensador• Limpieza de los filtros y/o cambio si fuese necesario• Limpieza del termostato• Limpieza de rejillas	



DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
Periodo:	Bimensual
Actividad 2:	Revisión
<ul style="list-style-type: none"> • Revisión del aceite lubricante-lubricación (de ser necesaria) • Renovación de la grasa en los rodamientos 	

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	
Periodo:	Anual
Actividad 3:	Pintura
<ul style="list-style-type: none"> • Pintar al equipo y soportes con pintura epóxica gris • Inspección general del equipo 	

Figura 43: Descripción del programa de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

- Equipos de protección personal

Lo primero que se debe realizar antes de llevar a cabo el mantenimiento, es contar con los implementos de seguridad acorde al ambiente de trabajo y las actividades a realizar. Aquí se muestra algunos de los Epps para un trabajo seguro.





EPPS NECESARIOS PARA LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO				
Nombre	Símbolo	Descripción	Marca	Durabilidad media
Casco plástico tipo Jockey		De material polietileno de alta densidad, provee una alta resistencia contra el impacto vertical. De tipo I. Color blanco. Está diseñado para soportar una tensión de ensayo de 20,000 a 30,000 voltios corriente alterna de 60 voltios.	3M	5 años/ por deterioro
Lentes de seguridad		Diseño liviano con marcos de ventilación indirecta que permiten la circulación del aire. Montura blanda para aislamiento del ojo y una en la parte superior para absorción de impactos. Lente de policarbonato y marcos de polipropileno. Banda textil elástico. Amplio espacio que permite utilizar la gafa en conjunto con los anteojos de medida.	MSA	6 meses/ por deterioro
Zapatos de seguridad		Resistencia al desgaste, antideslizante y dieléctrico con puntera acrílica.		6 meses
Respirador		Material de pieza facial de silicona y plástico resistente al calor. El diseño de la válvula facilita la respiración y ayuda a reducir el calor y la humedad dentro la pieza facial.	3M	1 año/ por deterioro
Orejas		Contiene almohadillas rellenas de goma-espuma que proporcionan comodidad y sellado. El protector auditivo HPE acoplado al casco se adopta a distintos visores y tiene un diseño con resortes que permite reducir la presión proporcionando así un alto nivel de confort. NRR=23dB.	3M	1 año/ por deterioro
Guantes de badana		Guantes resistentes de bandala	TEGSE G	1 mes por deterioro
Guantes dieléctricos		Para trabajos en caliente (contacto con equipos energizados)	REGEL TEX	1 mes por deterioro
Traje para salpicadura		Traje descartable impermeable a líquidos y partículas. También resistentes productos químicos de baja peligrosidad y peligros biológicos. Capucha.	3M	Diario
Uniforme con cinta		Confeccionado en tela Drill Anti flama de 9 onzas, CAROLINA PROTECT TWILL 300, 100% Algodón de Alta Tenacidad. COLOR AZUL, Protección contra FUEGO	ARCT EX	6 meses

Figura 44: Epps necesarios para las actividades de mantenimiento preventivo.

LISTA EPP's Y UNIFORMES				
Item	Descripción del artículo	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo de repuesto Unitario S/.
1	Lentes luna clara carrera google	S/ 79.00	4	S/ 316.00
2	Respirador siliconado	S/ 180.00	4	S/ 720.00
3	Filtro p100 para respirador 2097 3m x par	S/ 65.00	4	S/ 260.00
4	Filtro en cartucho para gases n° 6003 paquete x 2 und	S/ 39.00	4	S/ 156.00
5	Orejas 3m	S/ 75.00	4	S/ 300.00
6	Polo con cinta reflectiva	S/ 55.00	8	S/ 440.00
7	Camisa drill	S/ 35.00	4	S/ 140.00
8	Pantalón drill	S/ 38.00	8	S/ 304.00
9	Barbiquejo elastico con mentonera plastica y clips en los extremos	S/ 2.00	8	S/ 16.00
10	Guantes de vadana	S/ 17.00	8	S/ 136.00
11	Careta de soldador adapatable a casco	S/ 16.00	1	S/ 16.00
12	Casco 6 puntos suspension ratchet azul	S/ 120.00	4	S/ 480.00
13	Guantes nitrilo #3131/ caja 100 unid.	S/ 61.00	1	S/ 61.00
14	Zapatos seguridad dielectrico p.baquelita # 42	S/ 150.00	4	S/ 600.00
15	Traje tivex para productos quimicos	S/ 55.00	9	S/ 495.00
16	Guantes dielectricos regeltex clase 00	S/ 139.00	2	S/ 278.00
17	Extintor CO2 20 libras	S/ 249.00	1	S/ 249.00
TOTAL				S/ 4,967.00

Figura 45: Costos de Lista de EPP's y Uniformes para el Plan de Mantenimiento preventivo.

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 45, muestra los costos anuales de la lista de EPP's y uniformes para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de la lista de EPP's para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 4,967.00.

En los siguientes párrafos se determinan los costes operativos de los equipos de aire acondicionado.

EQUIPO	HORAS DE TRABAJO AL DÍA	COSTO MENSUAL
Ingeniero residente	9	S/ 3,000.00
Ingeniero de seguridad	9	S/ 3,000.00
Asistente administrativa	9	S/ 1,300.00
Supervisor operativo	9	S/ 2,000.00
Técnico electricista	9	S/ 1,500.00
Técnico mecánico	9	S/ 1,500.00
Técnico HVAC	9	S/ 1,500.00
TOTAL		S/ 13,800.00

Figura 46: Costo de mano de obra

Fuente: Empresa metalúrgica S.A.C

La figura N° 46, muestra el costo mensual de la mano de obra requerida para el plan de mantenimiento preventivo, la cantidad se obtiene de las proporciones brindadas por la empresa según la actividad a realizar. Así tenemos que el costo anual de mano de obra para el plan de mantenimiento preventivo es de S/ 114,000.00.

En tanto, el costo de mantenimiento mensual involucra al costo de la mano de obra como se observa en la figura N° 38, los costes de repuestos, herramientas, equipos e instrumentos determinados y el costo de Epps y capacitación. Se muestra lo siguiente.

COSTO ANUAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Mano de obra	S/114,000.00
Repuestos y consumibles	S/56,655.04
Herramientas de trabajo	S/837.20
Equipos de trabajo	S/6,077.78
Instrumentos de trabajo	S/6,928.00
Epps y uniformes	S/4,967.00
Capacitación	S/2,500.00
Total	S/191,965.02

Figura 47: Costo anual del plan de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 47 se observa el costo anual del plan de mantenimiento preventivo que equivale a \$ 53, 521 dólares americanos.

Luego del recojo de información después de la manipulación de la variable independiente, se vuelve a realizar el calcula de las variables a estudiar para ver su repercusión y mejora en la variable dependiente con las mismas fórmulas anteriores.

Tabla 12.

Post test de la disponibilidad, Setiembre a noviembre.

SEMANA	VARIABLE DEPENDIENTE-DISPONIBILIDAD		
	TMEF	TPMR	DISPONIBILIDAD
1	302.60	9.40	96.99%
2	379.50	10.50	97.31%
3	250.33	9.67	96.28%
4	304.00	8.00	97.44%
5	381.88	8.13	97.92%
6	304.80	7.20	97.69%
7	303.80	8.20	97.37%
8	384.00	6.00	98.46%
9	382.50	7.50	98.08%
10	382.00	8.00	97.95%
11	304.60	7.40	97.63%
12	384.25	5.75	98.53%
PROMEDIO			97.64%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13.

Post test de la confiabilidad, Setiembre a noviembre.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-CONFIABILIDAD			
SEMANA	HORAS TOTALES DE OPERACIÓN	Nº DE FALLAS	TMEF
1	1,513.00	5.00	302.60
2	1,518.00	4.00	379.50
3	1,502.00	6.00	250.33
4	1,520.00	5.00	304.00
5	1,527.50	4.00	381.88
6	1,524.00	5.00	304.80
7	1,519.00	5.00	303.80
8	1,536.00	4.00	384.00
9	1,530.00	4.00	382.50
10	1,528.00	4.00	382.00
11	1,523.00	5.00	304.60
12	1,537.00	4.00	384.25
PROMEDIO			338.69

Fuente: Elaboración propia

Para la confiabilidad de los equipos después de la manipulación se vuelve a realizar una segunda medición, mismo proceso que la primera medición, a través de la formula mencionada.

Tabla 14.

Post test de la mantenibilidad, Setiembre a noviembre.

DIMENSIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE-MANTENIBILIDAD			
SEMANA	Nº DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE FALLAS	TPMR
1	5.00	47.00	9.40
2	4.00	42.00	10.50
3	6.00	58.00	9.67
4	5.00	40.00	8.00
5	4.00	32.50	8.13
6	5.00	36.00	7.20
7	5.00	41.00	8.20
8	4.00	24.00	6.00
9	4.00	30.00	7.50
10	4.00	32.00	8.00
11	5.00	37.00	7.40
12	4.00	23.00	5.75
PROMEDIO			7.98

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la mantenibilidad de los equipos después de la manipulación se vuelve a realizar una segunda medición, mismo proceso que la primera medición, en esta dimensión se busca disminuir los índices para obtener la mejora.

Estadística descriptiva

Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Para obtener información respecto a la variable y su posterior evaluación, se trabajó en base a la planificación y programación respectiva con sus indicadores. Esta información se obtiene durante el tratamiento de la variable que se ubica a más detalle en el anexo 9.

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

La información que se procesó para calcular la disponibilidad se rescata a partir del registro del tiempo medio entre fallas y el tiempo medio para reparar de los equipos de aire acondicionado. Se debe tener en cuenta un escenario del antes y después de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo para tener un mejor análisis descriptivo de la variable y dimensiones. En los párrafos continuos se muestra la siguiente:

Tabla 15.

Análisis comparativo de la disponibilidad de equipos.

SEMANA	Disponibilidad antes	Disponibilidad después
1	93.14%	96.99%
2	88.53%	97.31%
3	89.90%	96.28%
4	94.39%	97.44%
5	90.71%	97.92%
6	90.42%	97.69%
7	93.08%	97.37%
8	88.91%	98.46%
9	90.80%	98.08%
10	89.33%	97.95%
11	92.92%	97.63%
12	93.37%	98.53%
PROMEDIO	91.13%	97.43%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 3 comparativa se puede evidenciar los datos que corresponden a la variable dependiente, es decir a la disponibilidad de los equipos. Notoriamente, se muestra un aumento del indicador disponibilidad en un promedio de 6.3% después (post test) con respecto a los datos de la disponibilidad anterior (pretest). En la figura 8 se demuestra gráficamente la mejora.

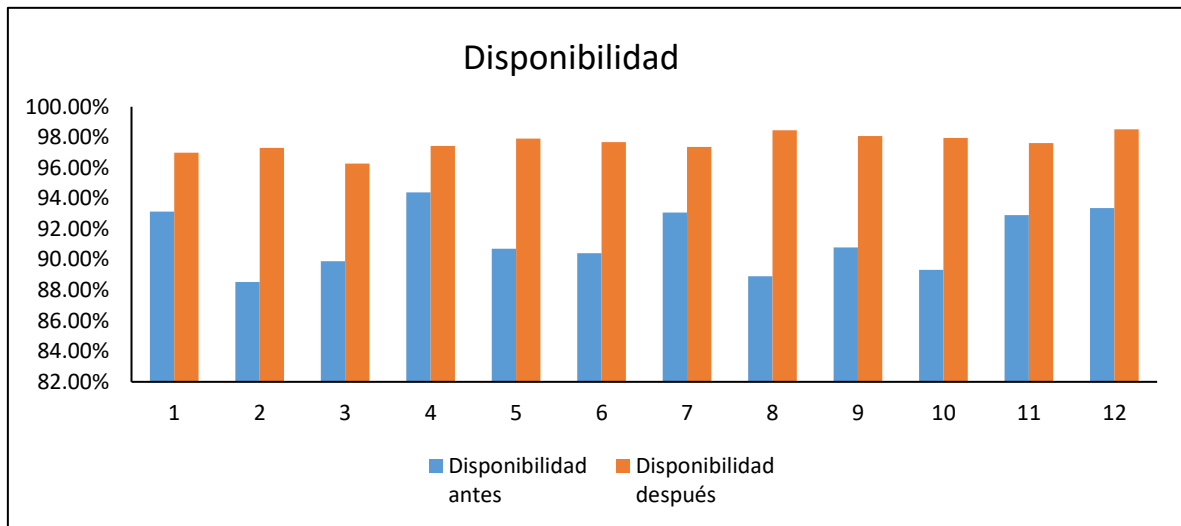


Figura 48. Disponibilidad pretest y post test

Dimensión 1: Confiabilidad

Es importante tener presente que los fallos en los equipos de aire acondicionado también impactan en la confiabilidad de estos, debido a que la confiabilidad se caracteriza por el TMEF. A continuación, se muestran la confiabilidad medida del antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 16.

Análisis comparativo de la confiabilidad.

SEMANA	Confiabilidad antes	Confiabilidad después
1	290.60	302.60
2	172.63	379.50
3	200.36	250.33
4	245.42	304.00
5	176.88	381.88
6	141.05	304.80
7	290.40	303.80
8	346.75	384.00
9	202.36	382.50
10	154.83	382.00
11	289.90	304.60
12	242.75	384.25
PROMEDIO	233.01	326.36

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 4 comparativa se puede evidenciar los datos que corresponden a la dimensión de la variable dependiente, es decir a la confiabilidad de los equipos. Notoriamente, se muestra una tendencia del aumento del indicador confiabilidad en promedio de 93.35 horas después (post test) con respecto a los datos de la confiabilidad anterior (pretest). En la figura 9 se demuestra gráficamente la mejora.

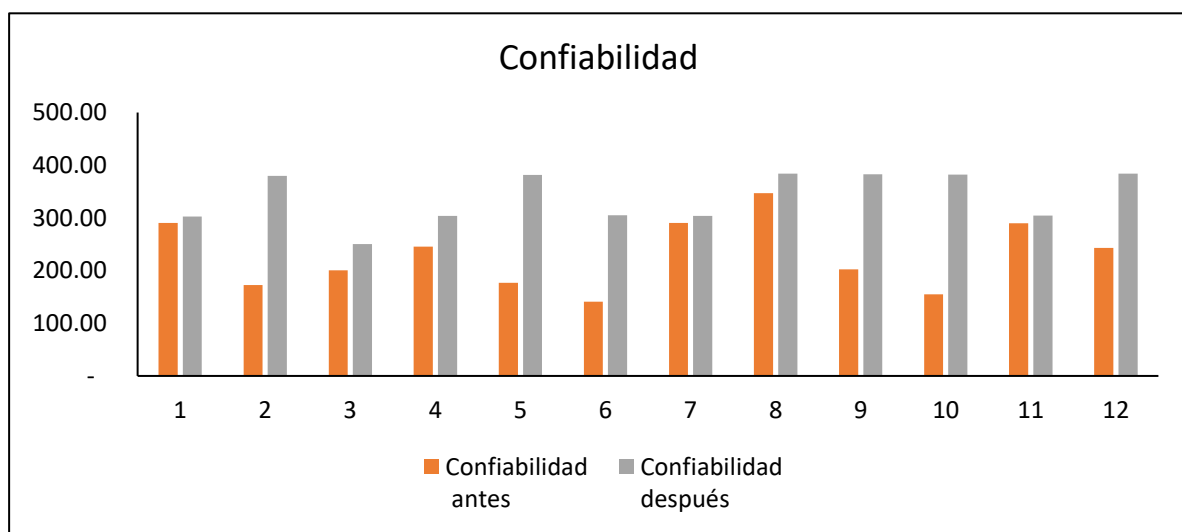


Figura 49. Confiabilidad pretest y post test

Dimensión 2: Mantenibilidad

Las fallas presentadas en los equipos hacen que el tiempo de reparación de estos sea mucho mayor a lo planeado, ocasiona la realización de mantenimiento correctivo sin aviso y todo ello impacta en la mantenibilidad que se caracteriza por el TPMR. A continuación, se muestran la mantenibilidad medida del antes y después de aplicar el plan de mantenimiento preventivo

Tabla 17.

Análisis comparativo de la mantenibilidad.

SEMANA	Mantenibilidad antes	Mantenibilidad después
1	21.40	9.40
2	22.38	10.50
3	22.50	9.67
4	14.58	8.00
5	18.13	8.13
6	14.95	7.20
7	21.60	8.20
8	43.25	6.00
9	20.50	7.50
10	18.50	8.00
11	22.10	7.40
12	17.25	5.75
PROMEDIO	22.35	8.39

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la tabla 5 comparativa se puede evidenciar los datos que corresponden a la dimensión de la variable dependiente, es decir a la mantenibilidad de los equipos. Notoriamente, se muestra una tendencia de la disminución del indicador mantenibilidad en promedio de 13.96 horas después (post test) con respecto a los datos de la mantenibilidad anterior (pretest). En la figura 10 se demuestra gráficamente la mejora.

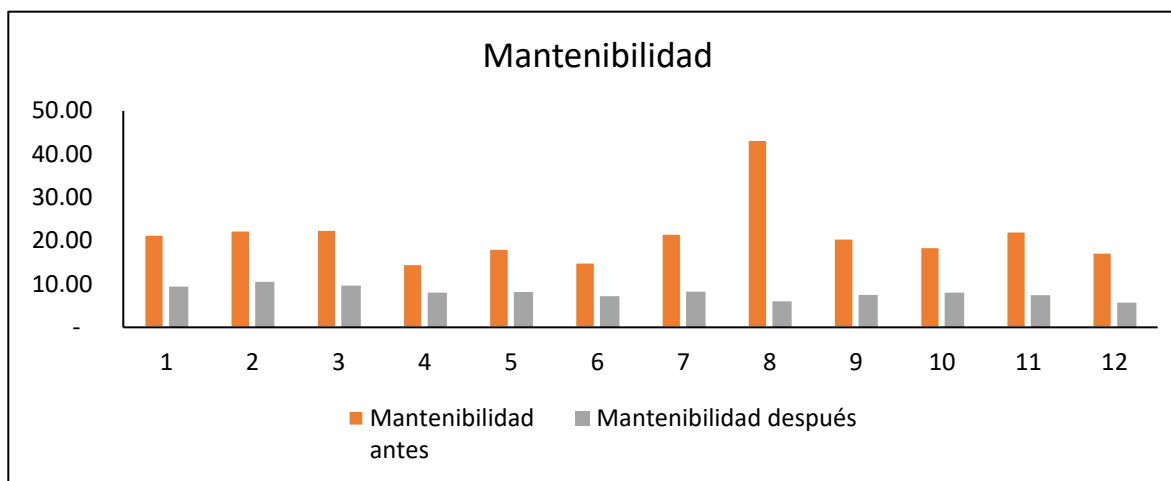


Figura 50. Mantenibilidad pretest y post test

Estadística inferencial

Prueba de normalidad

La prueba de normalidad tiene por objetivo demostrar si la muestra presenta una distribución normal o no normal, paramétrica o no paramétrica; asimismo, se debe interpretar en base a los resultados del SPSS, que estadística es la más adecuada a utilizar en cada situación.

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos

Tabla 18.

Prueba de normalidad de la disponibilidad de equipos.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad antes	,210	12	,152	,917	12	,265
Disponibilidad después	,133	12	,200	,961	12	,794

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se muestra que el valor de la prueba Shapiro-Wilk de la significancia de la disponibilidad anterior resulta $(0.265) > 0.05$ y el después $(0.794) > 0.05$, por tanto, se llega a la conclusión de que los datos

muestrales presentan una distribución normal y por ende son paramétricos y para la validación de la hipótesis correspondiente se hará el uso del estadígrafo (prueba estadística) T-Student.

Dimensión 1: Confiabilidad

Tabla 19.

Prueba de normalidad de la confiabilidad de equipos.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Confiabilidad antes	,162	12	,200	,942	12	,523
Confiabilidad después	,303	12	,003	,782	12	,006

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se muestra que el valor de la prueba Shapiro-Wilk de la significancia de la confiabilidad anterior resulta $(0.523) > 0.05$ y el después $(0.006) < 0.05$, por tanto, se llega a la conclusión de que los datos muestrales presentan una distribución no normal y por ende son no paramétricos y para la validación de la hipótesis correspondiente se hará uso del estadígrafo (prueba estadística) Wilcoxon.

Dimensión 2: Mantenibilidad

Tabla 20.

Prueba de normalidad de la mantenibilidad de equipos.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mantenibilidad antes	,359	12	,000	,684	12	,001
Mantenibilidad después	,187	12	,200	,957	12	,743

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se muestra que el valor de la prueba Shapiro-Wilk de la significancia de la confiabilidad anterior resulta $(0.001) < 0.05$ y el después $(0.743) > 0.05$, por tanto, se llega a la conclusión de que los datos muestrales presentan una distribución no normal y por ende son no paramétricos y

para la validación de la hipótesis correspondiente se hará uso del estadígrafo (prueba estadística) Wilcoxon.

Conclusiones de la prueba de normalidad

Tabla 21.

Estadígrafos.

	Sig	Antes	Después	Conclusión	Estadígrafo
Disponibilidad	Sig > 0.05	SI	SI	Paramétrico	T-Student
Confiabilidad	Sig > 0.05	SI	NO	No paramétrico	Wilcoxon
Mantenibilidad	Sig > 0.05	NO	SI	No paramétrico	Wilcoxon

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se puede observar que todos los datos analizados no presentan una misma distribución, por ende, se aplica la prueba estadística T-Student y Wilcoxon en la variable y dimensiones ya explicadas con anterioridad.

Contrastación de hipótesis

Hipótesis general

Ho: El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Hi: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

La regla de decisión consistió en lo siguiente:

Ho: $\mu_{Pantes} \geq \mu_{Pdespués}$

Ha: $\mu_{Pantes} < \mu_{Pdespués}$

Si el pvalor es ≤ 0.05 , en tal caso se rechaza la Ho.

Si el pvalor es > 0.05 , en tal caso se acepta la Ho.

Tabla 22.

Comparación de la hipótesis general según estadísticas de muestras emparejadas.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Disponibilidad antes	,912901	12	,0199118	,0057480
	Disponibilidad después	,976362	12	,0062658	,0018088

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: De acuerdo con la estadística de muestras emparejadas que resulta para la contrastación de la hipótesis, se muestra que el promedio de la disponibilidad anterior (91.2901) es menor que el promedio de la disponibilidad posterior (97,6362), a causa de ello, se acepta la hipótesis alterna y se determina que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Tabla 23.

Prueba T-Student de la disponibilidad de equipos.

		Media	Desv. Desviación n	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Disponibilidad antes-								
	Disponibilidad después	-,0634616	,0211696	,0061111	-,0769121	-,0500111	-10,385	11	,000

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se observa que el valor Sig. (bilateral) de la disponibilidad usando la prueba T-Student, es igual a 0.000, por tanto, al tomar en cuenta la regla de decisión anterior; la hipótesis general es aceptada.

Hipótesis específica 1.

Ho: El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Hi: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

La regla de decisión consistió en lo siguiente:

Ho: $\mu_{\text{Pantes}} \geq \mu_{\text{Pdespués}}$

Ha: $\mu_{\text{Pantes}} < \mu_{\text{Pdespués}}$

Si el pvalor es ≤ 0.05 , en tal caso se rechaza la Ho.

Si el pvalor es > 0.05 , en tal caso se acepta la Ho

Tabla 24.

Comparación de la hipótesis específica 1 según estadísticas de muestras emparejadas.

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Confiabilidad antes	229,4929	12	64,846211	18,71949
	Confiabilidad después	338,6882	12	47,95352	13,84299

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: De acuerdo con la estadística de muestras emparejadas que resulta para la contrastación de la hipótesis, se muestra que el promedio de la confiabilidad anterior (229.4929) es menor que el promedio de la confiabilidad posterior (338.6882), a causa de ello, se acepta la hipótesis alterna y se determina que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Tabla 25.

Prueba Wilcoxon referente a la confiabilidad.

	Confiabilidad después – Confiabilidad antes
Z	-3,059b
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se observa que el valor Sig. (bilateral) de la confiabilidad usando la prueba Wilcoxon, es igual a 0.002, por tanto, al tomar en cuenta la regla de decisión anterior; la hipótesis específica 1 es aceptada.

Hipótesis específica 2.

Ho: El plan de mantenimiento preventivo no mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Hi: El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

La regla de decisión consistió en lo siguiente:

Ho: $\mu_{Pantes} \geq \mu_{Pdespués}$

Ha: $\mu_{Pantes} < \mu_{Pdespués}$

Si el pvalor es ≤ 0.05 , en tal caso se rechaza la Ho.

Si el pvalor es > 0.05 , en tal caso se acepta la Ho

Tabla 26.

Comparación de la hipótesis específica 2 según estadísticas de muestras emparejadas.

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Mantenibilidad antes	21,4278	12	7,41829	2,14148
Mantenibilidad después	7,9785	12	1,39318	,40218

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: De acuerdo con la estadística de muestras emparejadas que resulta para la contrastación de la hipótesis, se muestra que el promedio de la mantenibilidad anterior (21.4278) es mayor que el promedio de la mantenibilidad posterior (7,9785), a causa de ello, se acepta la hipótesis alterna y se determina que la aplicación del plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica, Lima, 2020.

Tabla 27.

Prueba Wilcoxon referente a la mantenibilidad.

Z	Mantenibilidad después – Mantenibilidad antes
	-3,059b
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Fuente: Datos extraídos del estadístico SPSS versión 25.

Interpretación: En la tabla anterior, se observa que el valor Sig. (bilateral) de la confiabilidad usando la prueba Wilcoxon, es igual a 0.002, por tanto, al tomar en cuenta la regla de decisión anterior; la hipótesis específica 2 es aceptada.

V. DISCUSIÓN

En el capítulo cinco del informe de investigación, se realiza un análisis comparativo entre las bases teóricas de los autores y literatura con relación a los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas aplicadas en los estudios previos.

Los resultados a los que se llegaron en el estudio enfocado en la mejora de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado, fue que en una primera evaluación se obtuvo el 91.13% (pretest) y en una segunda valuación luego de realizar el tratamiento de la variable independiente que consistió en aplicar el plan de mantenimiento preventivo, realizar formatos de control, procedimientos de trabajo seguro, minimizar los mantenimientos correctivos, entre otros, se consiguió un índice del 97.43% en un periodo de 12 semanas en ambos casos; es así que, en promedio se pudo incrementar la disponibilidad en un 6.3%; este dato se asemeja bastante a la investigación de Buelvas y Martínez (2014) que tuvo como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos tractocamiones, con el fin de mejorar el desempeño operacional, salvaguardando la seguridad y reducir el impacto ambiental. Se crearon formatos de orden de servicio para asegurar la operatividad del plan de mantenimiento preventivo, una lista de chequeos, entre otros, para conseguir un trabajo controlado y sistemático de mes a mes.

Del mismo modo con la investigación de Alba y Chinchay (2019) que analizaron los equipos biomédicos, tuvo como objetivo determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de la empresa en estudio, la población y la muestra estuvieron conformada por 20 equipos biomédicos. Para la recolección de datos se usaron la observación directa, las fichas técnicas, la programación de actividades, revisión de los equipos conforme a las órdenes de trabajo y control de registro de mantenimientos respectivo a los años anteriores. El plan de mantenimiento preventivo mejoró la disponibilidad de los equipos alcanzando un 94% de confiabilidad como resultado final. Esto quiere decir, la disponibilidad de los equipos aumentó un 8%, en mejora de la calidad de

atención hacia los pacientes en servicios y mayor confianza de los trabajadores en el hospital de la investigación.

A diferencia de Limache a través de su investigación de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC, cuyo objetivo principal fue la proposición de procedimientos de mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos de la empresa en estudio. La metodología utilizada fue una investigación básica, nivel descriptivo-explicativo, con diseño descriptivo causal comparativa; donde la población estuvo conformada por 7 equipos trackles de la Minera Volcán-Unidad Alpamarca y la muestra fue 2 equipos trackles. Los datos fueron recogidos por fichas de trabajo, de observación y de registro. Se concluyó que con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo se consiguió el incremento de la disponibilidad de los equipos en un 12.3%.

En los resultados obtenidos por Ypanqué, Chucuya, y Paredes (2017), se hizo énfasis en las maquinarias de grúas de 50 toneladas. Esta investigación tuvo como objetivo el aumento de los índices de confiabilidad y disponibilidad de las maquinarias; para ello, hicieron el uso de la metodología de diseño preexperimental y un nivel descriptivo-explicativo, la información necesaria para el procesamiento de datos fue desarrollada gracias al reporte de fallas y al análisis de criticidad, realizaron una programación del mantenimiento preventivo y concluyeron que la confiabilidad obtuvo una mejora en promedio de 3.26%; es similar a los estudios de Cruz, Osorio, y Salguero (2019) que sus investigaciones estaban orientados a diseñar y proponer un plan de mantenimiento preventivo enfocado en confiabilidad y disponibilidad. La metodología utilizada fue de diseño no experimental. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los indicadores medios de mantenimiento de las máquinas circulares en la etapa inicial fueron: fiabilidad 13,62% y disponibilidad 82,03% y al momento de aplicar el plan de mantenimiento preventivo se obtuvo que los indicadores de mantenimiento en estado de mejora fueron 98.5% disponibilidad y confiabilidad 85.5%.

Para Barahona (2015), que determinaron los procedimientos necesarios para establecer la manera de cómo se debe efectuar un plan de mantenimiento conveniente, para alcanzar la disponibilidad y confiabilidad que posibiliten conservar una adecuada función del horno en buenas condiciones; la implantación del plan preventivo posibilitará encontrar las deficiencias en el funcionamiento del proceso de incineración para optimizar la calidad del proceso productivo. Así mismo, permitirá mantener los equipos bajo las condiciones adecuadas para un buen funcionamiento y se cumplan con las normas de calidad, seguridad y medio ambiente cerciorándose de obtener una disponibilidad y confiabilidad adecuadas. quienes acotaron que la ejecución del plan de mantenimiento preventivo, además de mejorar los indicadores ya mencionados, permitirán descubrir algunas deficiencias existentes que afectan a la operatividad de los equipos, garantizar la vida útil y calidad en los procesos de producción, los cuales son clave para cumplir los objetivos organizacionales del área de mantenimiento (Renovetec, 2013).

En los resultados obtenidos por de Espinoza (2018), tesis que se caracterizó por tener una población en la sala de compresores en una empresa que elabora envases de vidrio, que tuvo una metodología el diseño cuasiexperimental y la mantenibilidad se redujo en 1.3 horas del tiempo de reparación a diferencia de nuestra investigación que tuvimos una reducción en promedio de 13.96 horas, porque las horas de inoperatividad se redujeron considerablemente; la metodología empleada en la investigación fue de tipo aplicada, de diseño preexperimental y enfoque cuantitativo basándose en la metodología de investigación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), coincide con la investigación de Buelvas y Martínez (2014); que tuvo como propósito la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos tractocamiones, con el fin de mejorar el desempeño operacional, salvaguardando la seguridad y reducir el impacto ambiental. La investigación fue que se crearon formatos de orden de servicio para asegurar la operatividad del plan de mantenimiento preventivo, una lista de chequeos, entre otros, para conseguir un trabajo controlado y sistemático de mes a mes. En consecuencia, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la mantenibilidad de los equipos.

Al igual que Romero (2017), en su trabajo que tuvo como enfoque de ordenar, incrementar su disponibilidad y confiabilidad operacional, y así evitar paros innecesarios por fallas y consecuentemente evitar pérdidas. La metodología utilizada fue tipo aplicada. Se concluye que al elaborar un listado del inventario actualizado y ordenado, se identificaron un total de 24 máquinas y / o equipos, todos ellos con sus códigos designados que facilitarán su ubicación, así como su referencia en las órdenes de mantenimiento. cómo permitir un registro histórico de intervenciones y fracasos. Asimismo, los indicadores de mantenimiento inicial obtenidos a través de la evaluación son bajos, obteniendo un promedio de los indicadores de disponibilidad de la máquina del 52,60%, confiabilidad del 59,54%, mantenibilidad del 77,20%, esto debido a la falta de un plan o programa de mantenimiento preventivo.

En todas las investigaciones que se realizaron y se tomaron como antecedentes de la investigación, tuvieron una metodología semejante ya que tenían un tipo de investigación aplicada porque se iban a enfocar en resolver los problemas existentes en el área correspondiente por un método experimental de preprueba y post prueba, tuvieron el nivel descriptivo y explicativo porque se encargaban de describir toda la realidad problemática y buscar la causa y efecto del estudio. Así mismo, el enfoque de las investigaciones se centró en cuantitativo porque por medio de ello se lograba medir las variables y dimensiones con apoyo de los instrumentos de medición elaborados de acuerdo con las necesidades correspondientes. En cuanto a la población, se tuvo a los equipos de aire acondicionado a diferencia de los demás, las otras investigaciones tuvieron como población a un área en específico, mientras que los otros a los montacargas; todos buscaban resolver el problema con la aplicación del plan de mantenimiento y realizando un cronograma de actividades para su cumplimiento.

VI. CONCLUSIONES

En el sexto capítulo del informe de investigación, se determinan las conclusiones de todo el trabajo, que parte a raíz de la presentación del objetivo general y específicos del capítulo primero y estos son aclarados y hallados en los resultados del capítulo 4. Por lo que se responderán de una forma clara y sencilla en los siguientes párrafos.

1. Se concluye en consideración al objetivo general que, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020. Este dato cuantitativo se refleja en la tabla 10 donde se determina el aumento de la disponibilidad en promedio de un 6.3% comparación del análisis anterior. Por tanto, este resultado está respaldado de acuerdo con la significancia inferida de una estimación estadística $0,000 < 0.05$, lo que hace evidente la influencia relevante del cambio luego de realizar la mejora.

2. Se concluye con respecto al objetivo específico 1 que, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020. Este dato cuantitativo se refleja en la tabla donde se determina el aumento en promedio de la confiabilidad de un 93.35 comparación del análisis anterior. Por tanto, este resultado está respaldado de acuerdo con la significancia inferida de una estimación estadística $0,002 < 0.05$, lo que hace evidente la influencia relevante del cambio luego de realizar la mejora.

3. Se concluye con respecto al objetivo específico 2 que, el plan de mantenimiento preventivo si logra mejorar la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020. Este dato cuantitativo se refleja en la tabla donde se determina una disminución en promedio de la mantenibilidad de un 13.96 comparación del análisis anterior. Por tanto, este resultado está respaldado de acuerdo con la significancia inferida en una estimación estadística $0,002 < 0.05$, lo que hace evidente la influencia relevante del cambio luego de realizar la mejora.

VII. RECOMENDACIONES

En el último capítulo del informe de investigación, se redactan las recomendaciones dirigidas a la misma empresa y a los lectores, en base a los obstáculos encontrados en el trayecto de la búsqueda de información, desarrollo, para una mejora continua.

1. De forma general en el informe de investigación, se recomienda a la dirección del área de mantenimiento el empleo del plan de mantenimiento preventivo propuesto, debido a que al mantener un promedio mínimo del 95% de la disponibilidad en este caso, conlleva a que haya una disminución de los costes por mantenimiento correctivo, la seguridad de las personas se garantice y sobre todo que el equipo tenga una mejor vida útil y la producción de la empresa aumente considerablemente al no presentarse fallas no planificadas.

2. Se recomienda al jefe de mantenimiento, que se debe realizar la verificación y actualización del plan de mantenimiento preventivo con un tiempo mínimo de 6 meses, de acuerdo con las necesidades requeridas en el proceso para su mejora continua. Asimismo, se recomienda hacer el seguimiento mensual de los indicadores dispuestos en la investigación para llevar un control y garantizar el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo.

3. Se recomienda a los futuros investigadores, que para hacer eficiente el manejo de la información resultante del plan de mantenimiento preventivo y se mantenga segura, se sugiere hacer uso de un software asistido por ordenador que se adapte a las exigencias y las necesidades de la empresa para optimizar los tiempos del proceso. Asimismo, sería provechoso profundizar el análisis financiero para conocer el mayor impacto de contar con un plan de mantenimiento en relación con los costos generales involucrados de la empresa y proponer nuevas estrategias de mejora.

REFERENCIAS

AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS, 2018. Exportaciones metalúrgicas de Perú se expanden 17% y alcanzan los US\$1.038M. *América economía* [en línea]. 8 febrero 2018. Disponible en: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/exportaciones-metalurgicas-de-peru-se-expanden-17-y-alcanzan-los-us1038m>.

ALAVEDRA, C., GASTELU, Y., MÉNDEZ, G., MINAYA, C., PINEDA, B., PRIETO, K. y MORENO, C., 2016. Gestión de mantenimiento preventivo y su relación con la disponibilidad de la flota de camiones 730e Komatsu-2013. *Ingeniería industrial* [en línea], no. 34, pp. 11-26. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337450992001.pdf>.

ALBA, F. y CHINCHAY, W., 2019. *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos biomédicos - unidad cuidados intensivos Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz, 2018*. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.

BARAHONA, C., 2015. *Propuesta para implementar un plan de mantenimiento preventivo de un horno de incineración* [en línea]. S.I.: Universidad ECCI. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/187>.

BARRERA, S., 2015. *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.) en la EDAR de Nules-Vilavella*. S.I.: Universidad Jaime I.

BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación*. 3 ed. Colombia: Pearson Educación.

BORREGO, S., 2008. Estadística descriptiva e inferencial. *I. y. educativas* [en línea], Disponible en:

https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_13/SILVIA_BORREGO_2.pdf.

BUELVAS, C. y MARTINEZ, K., 2014. *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa L&L* [en línea]. S.I.: Universidad autónoma del Caribe. Disponible en:

<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/813/TMEC>

1144.pdf?sequence=1.

CARRASCO, S., 2009. *Metodología de la investigación científica*. Perú: San Marcos.

CATAÑEDA, L., 2017. *Plan de mantenimiento preventivo basado en la norma ISO 55000 para mejorar la disponibilidad de las máquinas y equipos de la empresa metalmecánica Maz Ingenieros contratistas S.A.C* [en línea]. S.I.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/23052/castaneda_rl.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CHANG, E., 2008. *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler* [en línea]. S.I.: Universidad peruana de ciencias aplicadas. Disponible en:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273470/EChang.pdf?sequence=2>.

CRUZ, J., OSORIO, J. y SALGUERO, J., 2019. *Formulación de programa de mantenimiento preventivo de sistema fotovoltaico para empresa de industria textil de El Salvador* [en línea]. S.I.: Universidad Don Bosto. Disponible en: <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/handle/11715/1501>.

DEPARTMENT, C.E.R., 2018. Taking stock of global metal sector trends and outlook. *Coface Economic Publication* [en línea], pp. 2-11. Disponible en: <https://www.coface.es/actualidad-economica-financiera/noticias-economicas/sector-metalurgia-mundo-aumenta-precio-2018>.

DOUCE, E., 2014. *La productividad en el mantenimiento industrial* [en línea]. 3 ed. México: Patria. Disponible en:

https://www.academia.edu/38584763/03_ED_DOUCEN_VILLANUEVA_ENRIQUE_LA_PRODUCCTIVIDAD_EN_EL_MANTENIMIENTO_INDUSTRIAL_pdf.

ESPINOZA, C., 2014. *Metodología de la investigación tecnológica*. 2 ed.

Huancayo:s.n.

ESPINOZA, J, 2018. *Aplicación de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la sala de compresores en la empresa Envases de Vidrio S.A.C.*, 2018 [en línea]. S.l.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/41272/ESPINOZA_BF..pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ESPINOZA, M, 2018. *Mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los buses de la empresa de transporte Allin Group Javier Prado S.A concesionaria de los corredores complementarios de la municipalidad de Lima* [en línea]. S.l.: Universidad Tecnológica del Perú. Disponible en: http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/1697/1/Marco Espinoza_Trabajo de Suficiencia Profesional_Titulo Profesional_2018.pdf.

FERNANDEZ, L., 2020. Impacto comercial en la industria metalúrgica por mercado en 2020. *Statista* [en línea], Disponible en:

<https://es.statista.com/estadisticas/1105006/impacto-economico-del-covid-19-en-la-industria-metalurgica/>.

FRANCO, J., 2014. *Prácticas de refrigeración y aire acondicionado*. España: Reverté.

FRESNO, C., 2019. *Metodología de la investigación*. Argentina: El Cid editor.

GARCÍA, S., 2010. *Organización y gestión integral del mantenimiento* [en línea]. Madrid: Díaz de Santos. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=PUovBdLioMC&printsec=frontcover&dq=mantenimiento&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjx2Nif2PDrAhXvHLkGHShdAMMQ6AEwA3oECAQQA#v=onepage&q=mantenimiento&f=false>.

GARCÍA, S., 2012. *Manual práctico de ingeniería de mantenimiento* [en línea]. Madrid: Renovetec. Disponible en: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf>.

GARCÍA, S., [sin fecha]. Ingeniería del mantenimiento. *Renovetec* [en línea].

Disponible en: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/elaboracion-del-plan-de-mantenimiento/8-objetivos-de-mantenimiento>.

GASCA, M., CAMARGO, L. y MEDINA, B., 2017. Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Información tecnológica* [en línea], vol. 28, no. 4, pp. 111-124. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n4/art14.pdf>.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2014. *Metodología de la investigación*. 6 ed. México: Mc Graw Hill Education.

HERNANDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* [en línea]. México: Mc Graw Hill Education. Disponible en: <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>.

LIMACHE, E., 2018. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles de la Empresa Serminas SAC. en la Unidad Alpamarca* [en línea]. S.I.: Universidad nacional del centro del Perú. Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4972>.

LOZADA, J., [sin fecha]. Investigación Aplicada: Definición, propiedad Intelectual e Industria. *Dialnet* [en línea], vol. 3, no. 1. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749#:~:text=Investigación Aplicada Definición%2C Propiedad Intelectual e Industria&text=La investigación aplicada busca la,sociedad o el sector productivo.&>.

MENDEZ, R. y FUERTE, E., 2018. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Lima: s.n.

MORA, L., 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega.

ÑAUPAS, H., NOVOA, E. y VILLAGÓMEZ, A., 2014. *Metodología de la investigación*. 4 ed. Colombia: Ediciones de la U.

ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.

NEILL, D. y CORTEZ, L., 2017. Proceso y fundamentos de la investigación científica. *Machala* [en línea], Disponible en:

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf>.

RAMOS, J., 2017. *umento de la disponibilidad mediante la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C.* [en línea]. S.I.: Universidad nacional de Trujillo. Disponible en: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/Ramos Sparrow%2C Julio Oswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10142/RamosSparrow%2CJulioOswaldo.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

RENDON, M. y MIRANDA, M., 2016. Descriptive statistics. *Alergia* [en línea], vol. 63, no. 4. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>.

RIOS, R., 2017. *Metodología para la investigación y redacción*. España: Servicios académicos intercontinentales S.L.

ROJAS, J., 2019. *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019* [en línea]. S.I.: Universidad privada del Norte. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/Rojas Gonzales Jaime Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23695/RojasGonzalesJaimeRoman.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ROMERO, T., 2017. Preventive maintenance plan of the machines and / or equipment of the metalworking company AYD Pioneer S.A.C. to increase its availability and operational reliability. *Tecnología y desarrollo* [en línea], vol. 15, no. 1, pp. 45-52. Disponible en:

<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/1868/1595>.

ROSALES, R., 2017. *Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del área Lavadero Salinas de la empresa DELISHELL S.A.C* [en línea]. S.I.: Universidad San Pedro. Disponible en:

http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8266/Tesis_56380.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SUPO, J., 2012. Seminarios de investigación científica. *Independently published* [en línea]. Perú: s.n., Disponible en:

<http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/1000012/un3/pdf/seminv-sinopsis.pdf>.

TORRES, C., CAMACHO, R. y PEREZ, W., 2015. *Elaboración de una propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo para las centrales de aire acondicionado del Hospital San Juan de Dios de la ciudad de Estelí*. S.l.: Universidad nacional autónoma de Nicaragua.

YUNI, J. y URBANO, C., 2014. *Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación* [en línea]. 2 ed. Argentina: Brujas. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2016/01/Técnicas-para-investigar-2-Brujas-2014-pdf.pdf>.

YUNI, J. y URBANO, C., 2017. Preventive maintenance to increase the availability and reliability of a 50-ton crane. *INGnosis*, vol. 3, no. 2, pp. 309-322.

ZAPATA, C., 2011. *Confiabilidad en ingeniería* [en línea]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible en:

https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso_2011_zapata_1.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Fórmula
Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo	El plan de mantenimiento preventivo se define como: Una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación. (García, 2012, p. 79).	El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas planificadas donde se realiza un análisis detallado de los equipos, para obtener una serie de información sobre cada uno ellos, luego se programa estableciendo principios secuenciales con el tiempo y número de recursos necesarios para la ejecución de un buen mantenimiento.	Planificación	Índice de equipos con plan de mantenimiento	RAZÓN	Análisis documental	Hoja de registro	Porcentaje	$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$
			Programación	Índice de mantenimiento programado	RAZÓN	Análisis documental	Hoja de registro	Porcentaje	$IMP = \frac{MPR}{MPP} * 100\%$
									<p> IMP: Índice de mantenimiento programado MPR: N° de mantenimiento preventivo realizado MPP: N° de mantenimiento preventivo programado </p>
	De acuerdo con (Mora, 2009), refirió que: el equipo se	La disponibilidad es la capacidad de que un equipo se encuentre							

Variable dependiente: Disponibilidad de equipos	encuentra disponible cuando "su funcionamiento es satisfactorio después del inicio de su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (Mora, 2009, p. 67).	operativo, se da en disposición, en cuanto a la mantenibilidad y la confiabilidad. Ambos términos forman parte de la cotidianeidad del mantenimiento.	Confiabilidad	Tiempo medio entre fallas	RAZÓN	Observación	Ficha de recolección de datos	Absoluto	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$ <p>TMEF: Tiempo promedio entre fallas HROP: Horas de operación NTFALLAS: N° de fallas detectadas</p>
			Mantenibilidad	Tiempo medio para reparar	RAZÓN	Observación	Ficha de recolección de datos	Absoluto	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$ <p>TPMR: Tiempo de reparación TTF: Tiempo total de fallas NTFALLAS: N° total de fallas detectadas</p>

Anexo 2. Matriz de consistencia.

Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Metodología
General	General	Principal							
¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020	Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo	El plan de mantenimiento preventivo se define como: Una serie de operaciones preventivas que se efectúa en un área determinada con el objetivo de lograr mitigar los fallos en un sistema de producción para maximizar en lo posible la vida útil de los equipos. Estas acciones se deben realizar regularmente a los equipos con el fin de minimizar o mitigar posibles fallas en una instalación.	El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de tareas planificadas donde se realiza un análisis detallado de los equipos, para obtener una serie de información sobre cada uno ellos, luego se programa estableciendo principios secuenciales con el tiempo y número de recursos necesarios para la ejecución de un buen mantenimiento.	Planificación	Índice de equipos que tienen un plan de mantenimiento	RAZÓN	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo-explicativo Diseño: Experimental de tipo preexperimental Población: 18 equipos de A/A del área de electrólisis. Muestra: 18 equipos de A/A. Muestreo: No probabilístico por conveniencia Técnica: Observación Instrumento: Ficha de
						Programación	Índice de mantenimiento programado	RAZÓN	

(García, 2012,
p. 79).

recolección de
datos

Específicas	Específicos	Secundarias							
¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020	Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la confiabilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	Variable dependiente: Disponibilidad de equipos	De acuerdo con (Mora, 2009), refirió que: el equipo se encuentra disponible cuando “su funcionamiento es satisfactorio después del inicio de su operación en condiciones estables, en el momento en el que este sea requerido [...]” (p.67).	La disponibilidad es la capacidad de que un equipo se encuentre operativo, se da en disposición, en cuanto a la mantenibilidad y la confiabilidad. Ambos términos forman parte de la cotidianeidad del mantenimiento.	Confiabilidad	Tiempo medio entre fallas	RAZÓN	Método de análisis: Estadística descriptiva-inferencial
¿En qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020	Determinar en qué medida el plan de mantenimiento preventivo mejora la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.	El plan de mantenimiento preventivo mejora significativamente la mantenibilidad de los equipos de aire acondicionado en una empresa metalúrgica Lima, Perú-2020.		Mantenibilidad	Tiempo medio para reparar	RAZÓN			


Anexo 3.

Instrumento de recolección de datos de la V. dependiente.

[illegible]

Anexo 4.

Validación de instrumentos a través de juicio de expertos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Ítems	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DIMENSIÓN 1: Planificación							
	$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: Programación							
	$IMP = \frac{MPR}{MPP} * 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador ☒ / Mg: Panta Salazar Javier Francisco **DNI:** 02636381

Especialidad del validador: Ing. Industrial

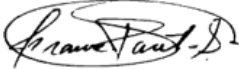
¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo


³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Octubre del 2020



Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Ítems	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD							
	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	✓		✓		✓		
2	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD							
	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): _____ Si hay suficiencia _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador ☒ / Mg: Panta Salazar Javier Francisco **DNI:** 02636381

Especialidad del validador: Ing. Industrial

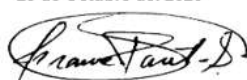
¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

23 de Octubre del 2020



Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSION 1: Planificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEP = \frac{MPM}{TM} + 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSION 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPR}{MPP} + 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g. ACOSTA LINARES ALDO

DNI: 41609054

Especialidad del validador: MAGISTER EN GESTIÓN DEL TALENTO HUMANO

20 de octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSION 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSION 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g. ACOSTA LINARES ALDO

DNI: 41609054

Especialidad del validador: MAGISTER EN GESTION DEL TALENTO HUMANO

20 de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSIÓN 1: Planificación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEM = \frac{MPM}{TM} \cdot 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPR}{MPP} \cdot 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g: FARFÁN MARTÍNEZ ROBERTO DNI: 02617808

Especialidad del validador: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

23 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / M^g: ROBERTO FARFAN MARTINEZ DNI: 02617808

Especialidad del validador: MAESTRO EN GERENCIA DE PROYECTOS DE INGENIERIA

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

20 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEM = \frac{MPM}{TM} + 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPR}{MPP} + 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. ~~X~~ BAZÁN ROBLES ROMEL DARIO

DNI: 41091024

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

23 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [☒] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. ~~X~~ ROMEL DARIO BAZAN ROBLES

DNI: 41091024

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

20 de Octubre del 2020

Firma del Experto Informante.
Especialidad

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Plan de mantenimiento preventivo

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$IEM = \frac{MPM}{TM} * 100\%$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Programación	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$IMP = \frac{MPP}{MPP} * 100\%$	✓		✓		✓		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. CONDE ROSAS ROBERTO CARLOS

DNI: 09447944

Especialidad del validador: MAGISTER EN OPERACIONES Y LOGÍSTICA

23 de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Certificado de validez de contenido del instrumento que mide: Disponibilidad de equipos

N°	DIMENSIONES/Items	PERTINENCIA		RELEVANCIA		CLARIDAD		SUGERENCIAS
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	DIMENSIÓN 1: CONFIABILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	$TMEF = \frac{HROP}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		
	DIMENSIÓN 2: MANTENIBILIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	$TPMR = \frac{TTF}{\sum NTFALLAS}$	X		X		X		

Observaciones (Precisar si hay suficiencia): SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg. CONDE ROSAS ROBERTO CARLOS

DNI: 09447944

Especialidad del validador: MAGISTER EN OPERACIONES Y LOGISTICA

23 de Octubre del 2020

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


Firma del Experto Informante.

Anexo 5. Diagrama de Gantt de las actividades

[illegible]

Anexo 6. Ficha técnica de los equipos de aire acondicionado

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A N° 2 SALA DE DIODOS		
CÓDIGO	7901-0370G2531		
MARCA	CLIMATE MÁSTER		
MODELO	TLV300AFD3AJFTS		
AÑO DE FABRICACIÓN	2012		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	300.000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60 HZ		
ECOLÓGICO	NO	REFRIGERANTE	R410A
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
COMPRESOR	SI		
EVAPORADOR	SI		
CONDENSADOR	SI		
VÁLVULA DE EXPANSIÓN	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A SALA GABINETE CONTROL		
CÓDIGO	7901-0370G2610		
MARCA	CLIMATE MÁSTER		
MODELO	0		
AÑO DE FABRICACIÓN	2012		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	300.000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60 HZ		
ECOLÓGICO	NO	REFRIGERANTE	R410A
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
COMPRESOR	SI		
EVAPORADOR	SI		
CONDENSADOR	SI		
VÁLVULA DE EXPANSIÓN	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO						
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A	PAQ.	TABLERO			
DESCORTEZADOR						
CÓDIGO	7901 0370G269P1					
MARCA	CLIMATE MÁSTER					
MODELO	TLV120AFD3AJBFS					
AÑO DE FABRICACIÓN	2005					
AÑO DE RENOVACIÓN	2020					
						
				ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO		
				CAPACIDAD	120,000 BTU/H	
				TIPO	PAQUETE	
				VOLTAJE	460V / 3F / 60 HZ	
				ECOLÓGICO	NO	REFRIGERANTE R410A
CONDICIONES GENERALES						
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD					
ESTADO	OPERATIVO					
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES					
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN					
COMPONENTES DEL EQUIPO						
Compresor	SI					
Evaporador	SI					
Condensador	SI					
Válvula de expansión	SI					
OBSERVACIONES						


FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A DE TABLERO DE GRUA		
CÓDIGO	7901 - 03731020 - P1		
MARCA	CLIMASA		
MODELO	CLS		
AÑO DE FABRICACIÓN	2005		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	36000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ		
ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE	R507
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
Compresor	SI		
Evaporador	SI		
Condensador	SI		
Válvula de expansión	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A SALA TRANSFORECTIFICADOR		
CÓDIGO	7901-0373G1048P1		
MARCA	YORK		
MODELO	DM300C00A4AAA2 A		
AÑO DE FABRICACIÓN	2000		
AÑO DE RENOVACIÓN	2013		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	0		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	230 V / 3 F / 60 HZ		
ECOLÓGICO	no	REFRIGERANTE	R22
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
Compresor	SI		
Evaporador	SI		
Condensador	SI		
Válvula de expansión	SI		
OBSERVACIONES			

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A TAB CTRL TRANSFORECTIFICADOR					
CÓDIGO	7901-0373G1048P2					
MARCA	RITTAL					
MODELO	SK3304100					
AÑO DE FABRICACIÓN	2000					
AÑO DE RENOVACIÓN	2018					
						
				ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO		
				CAPACIDAD	18000 BTU/H	
				TIPO	PAQUETE	
				VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ	
				ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE
CONDICIONES GENERALES						
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD					
ESTADO	OPERATIVO					
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES					
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN					
COMPONENTES DEL EQUIPO						
Compresor	SI					
Evaporador	SI					
Condensador	SI					
Válvula de expansión	SI					
OBSERVACIONES						

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO

NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 11					
CÓDIGO	7901-0375G2133E22					
MARCA	CLIMASA					
MODELO	CLS500					
AÑO DE FABRICACIÓN	2005					
AÑO DE RENOVACIÓN	2020					
						
				ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO		
				CAPACIDAD	36000 BTU/H	
				TIPO	PAQUETE	
				VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ	
				ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE R507
				CONDICIONES GENERALES		
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD					
ESTADO	OPERATIVO					
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES					
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN					
COMPONENTES DEL EQUIPO						
Compresor	SI					
Evaporador	SI					
Condensador	SI					
Válvula de expansión	SI					
OBSERVACIONES						

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO			
NOMBRE DEL EQUIPO	EQUIPO A/A GABINETE GRUA FILA 12		
CÓDIGO	7901-0375G2134E22		
MARCA	CLIMASA		
MODELO	CLS500		
AÑO DE FABRICACIÓN	2005		
AÑO DE RENOVACIÓN	2020		
ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO			
CAPACIDAD	36000 BTU/H		
TIPO	PAQUETE		
VOLTAJE	460V / 3F / 60HZ		
ECOLÓGICO	SI	REFRIGERANTE	R507
CONDICIONES GENERALES			
CRITICIDAD	ALTA CRITICIDAD		
ESTADO	OPERATIVO		
VIDA ÚTIL	5 A 7 AÑOS EN CONDICIONES NORMALES		
AMBIENTE DE TRABAJO	POLUCIÓN		
COMPONENTES DEL EQUIPO			
Compresor	SI		
Evaporador	SI		
Condensador	SI		
Válvula de expansión	SI		
OBSERVACIONES			

Anexo 7. Formatos de trabajo

[illegible]

			STOCK DE INVENTARIOS DE REPUESTOS DE EQUIPOS			
ITEM	N° DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	DESCUENTO	TOTAL	OBSERVACIÓN
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

ORDEN DE TRABAJO

UBICACIÓN DEL EQUIPO						
SERVICIO		ÁREA			UBICACIÓN	
DATOS DEL EQUIPO						
EQUIPO		MARCA	MODELO	SERIE	CÓDIGO	
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA:						
DIAGNÓSTICO TÉCNICO:						
TIPO DE ATENCIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO	PRIORIDAD	EQUIPO EN GARANTÍA	TIPO Y CAUSAS DE FALLA	FECHA INICIO	
<input type="checkbox"/> R. Propio	<input type="checkbox"/> Preventivo	<input type="checkbox"/> Urgente	<input type="checkbox"/> Si		FECHA TERMINO	
<input type="checkbox"/> S. Contratado	<input type="checkbox"/> Correctivo	<input type="checkbox"/> Programable	<input type="checkbox"/> No			
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO						
OBSERVACIONES TÉCNICAS						
REPUESTOS, ACCESORIOS Y MATERIALES UTILIZADOS						
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	N° DE PARTE	SERIE-CÓDIGO-LOTE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
MANO DE OBRA						
NIVEL	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO	H. INICIO	H. TÉRMINO	H/H	COSTO H/H	VALOR TOTAL
					TOTAL	
					TOTAL, REPUESTOS Y ACCESORIOS	
					TOTAL DE MANO DE OBRA	
					COSTO TOTAL	

	REGISTRO	CÓDIGO	
	REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACION, ENTRENAMIENTOS Y SIMULACROS DE EMERGENCIA	REVISIÓN	
		APROBADO	
		PÁGINA	

DATOS DEL EMPLEADOR

RAZON SOCIAL		RUC		TOTAL, N° TRABAJADORES	
--------------	--	-----	--	------------------------	--

DIRECCION		ACTIVIDAD ECONOMICA	
-----------	--	---------------------	--

TIPO DE LA ACTIVIDAD									
INDUCCION <input type="checkbox"/>	CAPACITACIÓN <input type="checkbox"/>	CHARLAS DIARIAS <input type="checkbox"/>	SIMULACROS <input type="checkbox"/>	REUNIÓN <input type="checkbox"/>	OTROS <input type="checkbox"/>				
TEMA TRATADO:					SEGURIDAD		CALIDAD		
					SALUD		OTROS		
					M.AMBIENTE				
EXPOSITOR:			FIRMA		FECHA:				
CARGO:									
Desde:	Hasta:	Duración:	N° Participantes:	TOTAL, H-H:					
ASISTENTES									
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	DNI	EMPRESA	FIRMA				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
Observaciones:									

	Análisis de Trabajo Seguro (ATS)		Código	
			Revisión	
			Área	
			Páginas	
ATS N°:001	FECHA:	HORA:	TURNO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO:	
PROPIO () CONTRATISTA ()	EMPRESA/ ÁREA:			
NOMBRE DE LA TAREA:				
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TAREA				
PASOS DE LA TAREA	PELIGROS	RIESGOS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE
ESTANDARES Y/O PROCEDIMIENTOS RELACIONADOS:				
MÁQUINAS, EQUIPOS E HERRAMIENTAS REQUERIDAS:				

	Documentos de datos			Código		
				Revisión		
	Análisis de Trabajo Seguro (ATS)			Área		
				Páginas		
EPPS NECESARIOS PARA MITIGAR LOS RIESGOS DE LA TAREA						
	Casco de seguridad Tipo:		Uniforme de trabajo		Traje antiácido	Otros (Especificar):
	Barbiquejo		Zapatos de Seguridad		Traje para metal líquido	
	Lentes de seguridad		Botas de PVC		Traje para material particulado	
	Respirador con filtro para:		Lentes tipo:		Traje de cuero para trabajo en caliente	
	Protector auditivo		Equipo de respiración autónoma (SCBA)		Traje para protección de arco eléctrico	
	Guantes de:		Protector facial (Careta soldador/ transparente/ oscura)		Arnés de seguridad con línea de doble anclaje/ retráctil	
COMUNICACIÓN Y EMERGENCIAS: SÍ / NA (NO APLICA)						
	¿Se coordinó con otros grupos de trabajo que se encuentran en o cerca ala área de trabajo?				¿Se verificaron las rutas de evacuación y puntos de reunión?	
	¿El responsable del área fue comunicado para liberar el equipo, efectuara las maniobras necesarias, y fue solicitado el bloqueo de las fuentes de energía?				¿Se verifico los extintores, lava ojos y duchas de emergencia, (ubicación y operatividad)?	
	¿Fue explicado el detalle del ATS de la tarea a todos los involucrados y han sido informados de los peligros del lugar de trabajo?				¿Se difundió el teléfono de emergencia a todos los involucrados en la actividad)	
	¿Los manuales de uso/ mantenimiento de los equipos fueron revisados con los involucrados?				¿Se comunicó a los trabajadores los procedimientos específicos de respuesta a emergencia?	
VERIFICACIÓN DE INEXISTENCIA DE CABLES ELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS, TUBERÍAS DE AGUA, TUBERÍAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS, ETC (EN CASO APLIQUE						
VERIFICACIÓN DE INEXISTENCIA DE CABLES ELÉCTRICOS SUBTERRÁNEOS, TUBERÍAS DE AGUA, TUBERÍAS DE PRODUCTOS QUÍMICOS, ETC (EN CASO APLIQUE						
RESPONSABLE AREA DE ING. ELÉCTRICA			/ FECHA	/ FIRMA	RESPONSABLE ÁREA DE ING. MECANICA/CIVIL /FECHA /FIRMA	
PERSONAL EJECUTOR:						
LUEGO DE LA REUNIÓN DE PRE TRABAJOCON LOS EJECUTANTES REVISANDO LO QUE DEBE SER REALIZADO PARA CUMPLIR CON LO DETERMINADO EN ELE ANÁLISIS DE RIESGO. Tomamos conocimiento de este análisis de riesgo y somos conscientes de la necesidad de cumplir con sus requisitos.						
APELLIDOS Y NOMBRES		PUESTO	FIRMA	APELLIDOS Y NOMBRES		FIRMA
NOMBRE Y FIRMA –SUPERVISOR DE TRABAJO		NOMBRE Y FIRMA - RESPONSABLE DEL ÁREA		NOMBRE Y FIRMA - SOLICITANTE DE TRABAJO		NOMBRE Y FIRMA – RESPONSABLE DE SSMA DEL EJECUTOR D EL TRABAJO
VERIFICACION DEL ENTENDIMIENTO Y PUESTA EN, PRACTICA DEL ATS						
N°	Nombre del verificador	Cargo	Hora:	Firma:	Observaciones:	Acción de corrección:

CHECK LIST DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO		
Nombre del equipo		
Ubicación		
Tipo de solución		
Nombre del técnico		
Puntos a revisar		
ITEMS	Funcionamiento	
	Si	No
Equipo en funcionamiento		
Compresor en funcionamiento		
Ventilador de condensador en funcionamiento		
Ventilador de evaporador en funcionamiento		
Presiones de trabajo estables		
Amperaje de trabajo estable		
Temperatura de línea de líquido estable		
Temperatura de línea de succión estable		
Temperatura de línea de descarga estable		
Amperaje de arranque estable		
Aislamiento del compresor		
Aislamiento del equipo		
Nivel de aceite estable		
Temperatura de enfriamiento estable		
Equipo apaga por sensor de temperatura		
Equipo enciende por sensor de temperatura		
Observaciones Generales		
Conformidades		

[illegible]

FORMATO DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO

CLIENTE Ó COMPAÑIA	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	
EQUIPO	

O/C CLIENTE	
FECHA	
SOLICITADO	

TIPO DE MANTENIMIENTO

PREVENTIVO		INSPECCIÓN	
CORRECTIVO		GARANTÍA	
LLAMADA DE EMERGENCIA		OTROS	
CORRECTIVO DENTRO/PREVENTIVO			

DURACIÓN DE ACTIVIDAD

HORA INICIO	
HORA FIN	

DATOS DE LA UNIDAD	U. COND	U. EVAP.
MARCA		
MODELO		
SERIE		
VOLTAJE		
TAG/EQUIPO		
CAPACIDAD		

DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO	
MARCA DEL BLOWER	
MARCA DEL FAN	
MODELO DE FAJA	
MARCA DE COMPRESOR	
MOD DE COMPRESOR	

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO

TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR		
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO		
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLES DE FUERZA Y MANDO		
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR		
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR		
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE		
MEDICIÓN DE PRESIONES		
VERIFICACION Y LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL DRENAJE		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERMOSTATO		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE REJILLAS		
REVISIÓN DE PERNERÍA EN GENERAL		

PRESIONES	
ALTA 1	
BAJA 1	
ALTA 2	
BAJA 2	

MANÓMETRO DE AGUA			
PRESIÓN			
TEMPERATURA			
DESCRIPCIÓN	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

VOLTAJE		
R-S	S-T	R-T
R	S	T

DESCRIPCIÓN	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1				
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1				
VENTILADOR 2				
BLOWER 1				
BLOWER 2				

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA		
MEDICIÓN DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVOS		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLEADO		
TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIDIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR		
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA		
REVISIÓN DE LOS RELAY		
LIMPIEZA DE BANDEJA		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
HUMIDIFICADOR			
HUMIDIFICADOR			

REQUIERE INTERVENCIÓN CORRECTIVA

SI ☐

NO ☐

NOTAS Y OBSERVACIONES:

RESPONSABLE

FIRMA DEL CLIENTE

Anexo 8. Programa de mantenimiento preventivo

Equipos:	E17 y E18	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																																															
SISTEMA	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	SEMANA INICIAL	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
Mecánico	Limpieza exterior del evaporador	Mensual	1																																														
Mecánico	Limpieza del serpentín del enfriamiento	Mensual	1																																														
Mecánico	Limpieza del contactor del ventilador	Mensual	1																																														
Eléctrico	Verificación de los cables de fuerza y mando	Mensual	1																																														
Mecánico	Verificación del funcionamiento del ventilador	Mensual	1																																														
Mecánico	Limpieza exterior del condensador	Mensual	1																																														
Eléctrico	Revisión del aceite lubricante-lubricación(de ser necesaria)	Bimestral	5																																														
Eléctrico	Renovación de la grasa en los rodamientos	Bimestral	1																																														
Mecánico	Ajuste de carga de gas refrigerante y recarga si fuese necesario	Mensual	1																																														
Eléctrico	Revisión de la alimentación eléctrica del tablero de la unidad	Mensual	1																																														
Eléctrico	Revisar el funcionamiento del contactor del compresor	Mensual	1																																														
Eléctrico	Medición de presiones	Mensual	1																																														
Eléctrico	Limpieza de la tarjeta electrónica	Mensual	1																																														
Mecánico	Verificación del drenaje	Mensual	1																																														
Mecánico	Limpieza de los filtros y/o cambio si fuese necesario	Mensual	1																																														
Mecánico	Limpieza del termostato	Mensual	1																																														
Mecánico	Limpieza de rejillas	Mensual	1																																														
Mecánico	Revisión de penería en general	Mensual	1																																														
Eléctrico	Verificación del funcionamiento de la resistencia	Mensual	1																																														
Eléctrico	Medición de amperaje de la resistencia	Mensual	1																																														
Mecánico	Pintar al equipo y soportes con pintura epóxica gris	Anual	41																																														
Eléctrico	Verificación del estado de los elementos resistivos	Mensual	1																																														
Eléctrico	Verificación de falsos contactos	Mensual	1																																														

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Registro de datos de la situación actual abril-Julio.

Registro de datos de la situación actual abril-Julio.

Abril		REGISTRO DE DATOS																																TOTAL						
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF	
		Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF					
1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	
	29	0	0	0	0	0	0	2	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	56	
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.5	0	0	1	40.5		
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	TOTAL	0	0	0	0	0	0	2	56	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	40.5	0	0	5	107
Mayo		REGISTRO DE DATOS																																TOTAL						
SEMANAS	DÍAS	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9		E10		E11		E12		E13		E14		E15		E16		E17		E18		Fallas	TTF	
		Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF	Fallas	TTF					
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.5	0	0	1	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	46.5
	6	2	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	74	
	7	0	0	0	0	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	52	
	8	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.5	
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	2	74	0	0	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6.5	0	0	0	0	1	3.5	0	0	1	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	179	
3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	12	0	0	2	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	67	
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	30	0	0	0	0	0	0	0	3	35.5	
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	55	0	0	0	0	0	2	55		
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	0	0	2	67	0	0	0	0	1	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	30	2	55	0	0	0	0	0	7	157.50		
4	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	44	2	44		
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	16	
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									

[illegible]

Anexo 10.

Registro de datos después de la mejora Setiembre-noviembre.

[illegible]

[illegible]

Anexo 11.

Registros efectuados del mantenimiento

SAEG ENGINEERING GROUP - Planta Cajamarquilla		Código	SP - 040317 - POM - VM - 002 - V00
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL		Revisión	1
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO TIPO PAQUETE		Fecha	18/09/2020
		Área	Mantenimiento
		Páginas	1/1
1. PERSONAL 1.1. Ingeniero Residente. 1.2. Ingeniero de SSMA. 1.3. Asistente Administrativo. 1.4. Supervisor de Campo. 1.5. Técnico HVAC.			
2. CONDICIONES NECESARIAS			
EPP NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD		RIESGOS CRÍTICOS	RESTRICCIONES
	 CUIDADO ESPECIAL * Bloqueo de energías * Vehículos móviles * Sustancias químicas peligrosas * Protección de máquinas * Herramientas manuales		 - No iniciar la actividad antes de haber comunicado al encargado de área. - No relajar la actividad si el oficial de bloqueo no autoriza o no esta presente. - No iniciar las actividades, si no tienes todos los permisos de trabajo firmados a la mano. No iniciar la actividad si no esta debidamente capacitado. - No iniciar la tarea cuando no haya un procedimiento de control de energías aprobado y difundido. - No iniciar el trabajo si el área esta obstruida. - Puntar la tarea si se inician trabajos de riesgo próximos al punto de trabajo. - No iniciar la actividad si el procedimiento no esta validado por el gestor y coordinador de seguridad.
3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES 3.1. Equipos: Hidrolavadora, Pinza Amperimétrica, Sopladora. 3.2. Herramientas: Manómetro, Brocha, Llave Francesa, Wincha, Llave Mixta, Alcate, Hexagonales, Martillo, Desarmadores, Lima, Gasera, Cintas Aislantes. 3.3. Materiales: Lampa Contacto, Añejado, Filtros, Trapo Industrial, Gas Refrigerante, Grasa SKF, Thinner, Bolsa de Basura, extintor portátil.			
4. PROCEDIMIENTO			
4.1		2.1 Participar en la inducción de 5 min; registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR, Inspección de pre-uso de las herramientas.	 Verificar que el personal cuente con su APR y EPP adecuado para la actividad asignada.
4.2		2.2 El líder de cada grupo coordinara con el Jefe de guardia para el ingreso al área. Así mismo coordinara el traslado de las herramientas que se utilizara al punto de trabajo.	 Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares estén en óptimas condiciones. Transporte manual de peso / Cambiar de mano al momento de trasladar la caja, realizar pausas activas. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.3		2.3 Antes de cada inicio de trabajo se realizan las coordinaciones con los jefes de guardia y/o con los coordinadores de SSMA. Se establecen los controles recomendados por el supervisor de SSMA del área.	 Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.4	 Desmontaje de Equipo de aire BLOQUEO DIRECTO	2.4 Se procede a la desconexión directa de energía: - Verificación de energía 0 y purga de la residual. - Realizar el desmontaje del equipo de manera correcta y segura, mínimo entre dos personas. - El área tiene que quedar despejada.	 Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares estén en óptimas condiciones. Gases, polvo, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.5	 Mantenimiento de equipo 	2.5 Se procede a la revisión total del equipo: (reemplazar de ser necesario). Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario. Se toma las presiones adecuadas para su buen funcionamiento. - Se lava a presión el serpentín, se utiliza una hidrolavadora - Desarmar el equipo para su revisión general, se utiliza desarmadores y llaves posterior limpieza manual del equipo - Se procede a la revisión eléctrica y mecánica en el interior del equipo. Visual o mediante megómetro o pinza amperimétrica que se encuentre calibrado - Se revisaran partes eléctricas del equipo motores, tarjetas, cableado interno, visualmente o manualmente utilizando los guantes para ver si hay algún defecto - Se revisaran partes mecánicas correas, aspas, alaves, etc. Si se encuentran deficientes se realiza el cambio total de la pieza - Se realiza la recarga de gas refrigerante de ser necesario (se toman las presiones adecuadas para el buen funcionamiento del equipo). Se coloca la manguera al tanque de gas y posterior al equipo, tiene que estar en perfectas condiciones. - Se lava el equipo a presión con la hidrolavadora.	 Recursos naturales / Durante una posible lluvia colocar mantas sobre los tableros eléctricos. Postura / Realizar pausas activas. Protección de máquinas / Al término de la actividad garantizar la colocación de todas las protecciones. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.6	 Montaje de equipo	2.6 Se procede armar el equipo. Se realiza el montaje y/o colocación en su lugar. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se detalla las observaciones encontradas.	 Postura / Realizar pausas activas. Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.
4.7	 CONEXIÓN DIRECTA	2.7 Con cinta platinada se procede a cerrar los bordes. Se realiza la conexión de equipo. Se deja el equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad. Se reporta las observaciones encontradas para programar los planes de acción.	 Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dielécticas, firmar el cierre de trabajo. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva. Residuos sólidos / Disposición adecuada de residuos generados en la actividad.
5. RESULTADOS ESPERADOS 5.1. Cero accidentes e incidentes en el área de trabajo. 5.2. Mantener en todo momento la orden y la limpieza del área de trabajo. 5.3. Vida económica del equipo dándole mayor eficiencia en su proceso de trabajo. 5.4. RESTRICCIONES: No iniciar la tarea si hay trabajos en simultáneos, No iniciar la tarea si los responsables Ing. Seguridad/Residente, no se encuentran en pulsta, No iniciar la tarea si no tenemos el (PETAR) para trabajos de alto riesgo.			
6. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO:			
ANOMALÍAS		POSIBLES CAUSAS	
Congelamiento de tubería		Baja presión de refrigerante	Verificación de presiones
Sonido tranco de equipo		Piezas rotas dentro del mismo o mal funcionamiento del compresor	Verificación del equipo y compresor
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
Ing SSMA: Eder Alvarado Celí		Residente: Luis Gonzales Ysla	
SSMA: Nathaly Gilemeister		Gestor de contratos: Omar Romani	
Fecha: 18/09/2020		Fecha: 18/09/2020	
Fecha: 18/09/2020		Fecha: 18/09/2020	

SAEG ENGINEERING GROUP. - Planta Cajamarquilla		Código	SP - 040317 - POM - VM -053 -V00
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL		Revisión	1
INSPECCIÓN, VERIFICACIÓN DE CORRIENTE DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE TIPO PAQUETE		Fecha	17/09/2020
		Área	Mantenimiento
		Páginas	1/1
1. PERSONAL			
1.1. Ingeniero Residente. 1.2. Ingeniero de Seguridad. 1.3. Asistente Administrativo. 1.4. Técnico HVAC 1.5. Técnico Electricista			
2. CONDICIONES NECESARIAS			
EPP NECESARIOS PARA LA ACTIVIDAD			
RIESGOS CRÍTICOS			
 CUIDADO ESPECIAL * Bloqueo de energía * Vehículos móviles * Sustancias químicas peligrosas * Protección de máquinas * Herramientas manuales			
RESTRICCIONES			
- No iniciar la actividad antes de haber comunicado al encargado de área. - No rehar la actividad si el oficial de bloqueo no autoriza o no esta presente. - No iniciar las actividades, si no tienes todos los permisos de trabajo firmados a la mano. No iniciar la actividad si no esta debidamente capacitado. - No iniciar la tarea cuando no haya un procedimiento de control de energías aprobado y difundido. - No iniciar el trabajo si el área esta obstruida. - Para la tarea si se inician trabajos de riesgo próximos al punto de trabajo. No iniciar la actividad si el procedimiento no esta validado por el gestor y coordinador de seguridad.			
3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES			
3.1. Equipos: Hidrolavadora, Pinta Amperimétrica, Sopladora. 3.2. Herramientas: Manómetro, Brocha, Llave Francesa, Wincha, Llave Mistá, Alcate, Hexagonales, Martillo, Desarmadores, Lima, Grasa, Cintas Asilantes. 3.3. Materiales: Limpia Contacto, Alfojotado, Films, Trapo Industrial, Gas Refrigerante, Gasa SKF, Thinner, Bolsa de Basura, extintor portátil			
4. PROCEDIMIENTO			
4.1		4.1 Participar en la inducción de 5 min, registrarse en el formato de asistencia, realizar el llenado del APR. Inspeccion de pre-uso de las herramientas.	
4.2		 Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, trasladarse por zonas seguras. Herramientas manuales / Verificar que las herramientas estándares cuenten con el color de la cinta del mes y estén en óptimas condiciones. Transporte manual de peso / Cambiar de mano al momento de trasladar la caja, realizar pausas activas. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.3		 Superficies irregulares, escaleras / Usar los tres puntos de apoyo al trasladarse por escaleras, llevar material en una sola mano para poder tener los tres punto de apoyo, trasladarse por zonas seguras. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.4	 Bloqueo y Desarmado de Condensador	4.4 El solicitante de trabajo tramita si es que amerita el requerimiento del Equipo a intervenir. El oficial de bloqueo coordina con el electricista de guardia y/o de área para realizar el trabajo. se procede a: o Verificación de energía cero y purgar de ser necesario. o Retirar las tapas protectoras del equipo. o Se remueven las partes móviles del equipo para mejorar la visibilidad del trabajo a realizar. o Verificar si se amerita retirar algún dispositivo del equipo Split decorativo, Split dato o paquete Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, retirar el candado de bloqueo. Herramientas manuales / Verificar que los herramientas estándares cuenten con el color de la cinta del mes y estén en óptimas condiciones. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.5	 Ejecución del bloqueo local	4.5. Intervención de emergencia con energía intermedia de unidad A/A Tipo paquete Realizar el encendido eléctrico del equipo, desde el termostato del ambiente interior - evaluar el funcionamiento inicial de la unidad A/A (Compresores, motor y bastidores) - De encender correctamente el panel eléctrico y mediante pinta Amperimétrica el uso de pinta Amperimétrica Verificar el consumo de corriente de trabajo y de la misma forma con el uso del manómetro determinar la presión manométrica de trabajo del circuito de refrigeración - De observar anomalías de los parámetros de funcionamiento se valora la condición de limpieza del evaporador y condensador. Asimismo, y también determinar la operación correcta de la transmisión mecánica del evaporador - De observar la falta de ajuste del sistema de transmisión mecánica (Fajas de transmisión o bases de anclaje) Coordinar con el supervisor del área y electricista, poder des energizar el equipo localmente desde el tablero eléctrico y corregir la falla mecánica del equipo en estado de energía cero - De observar suciedad severa en el evaporador y condensador, los cuales estén afectando la operación manométrica del refrigerante. De la misma manera coordinar con y el electricista cortara localmente el fluido eléctrico del equipo, realizar el test de energía cero y proponer condiciones favorables para hacer brevemente el lavado mediante un hidrolavadora, el evaporador y el condensador para eliminar cierto porcentaje del nivel de suciedad del equipo. - De observar la falta de racionamiento del motor blower y motor ventilador y compresor, a su vez algún componente eléctrico. Se cortara el fluido eléctrico del equipo y revisar el problema hasta detectar el elemento en falla y su posterior corrección, todo se realizara mediante del uso de una pinta Amperimétrica y mego metro. - De haber corregido estos problemas en el equipo con cierto grado de limpieza se determina la presión manométrica del refrigerante, si se observa falta de carga se realiza la recarga con gas R-22 o R-410 mediante el uso del nanómetro y balón de refrigerante. - De haber estabilizado los parámetros de operación del equipo dentro del rango y posterior se informa al encargado de NEXA solicitando que se programe el mantenimiento preventivo de la unidad de A/A intervenida . - Orden y limpieza y retiro de recursos. Recursos naturales / Durante una posible lluvia colocar mantas plasticas sobre los tableros eléctricos. Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, retirar el candado de bloqueo. Postura / Realizar pausas activas. Protección de máquinas / Al termino de la actividad garantizar la colocación de todas las protecciones tapas y partes móviles. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.6		4.6 Realizar el armado de la unidad condensadora. Asi mismo se procede a realizar el monitoreo del equipo ya sea split decorativo, split manga o tipo paquete. Se le comunica al jefe de guardia y al supervisor del término de la actividad y se reportan las observaciones encontradas para programar los planes de acción futuros. Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, retirar el candado de bloqueo. Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva.	
4.7		4.7 Realizar la toma de parámetros para la verificación de que el equipo funcione correctamente (Amperaje en líneas, presiones en alta y baja, temperaturas en las tuberías, etc.). Se deja equipo operativo y se monitorea el equipo hasta obtener un estado aceptable en su funcionamiento. Se realiza la validación de la orden de trabajo. Contacto con energía eléctrica / Verificación de ausencia de energía, uso de EPP y herramientas dieléctricas, firmar el cierre de trabajo Gases, ruido / Uso del respirador y doble protección auditiva en áreas con mayor potencia auditiva. Residuos sólidos / Disposición adecuada de residuos generados en la actividad.	
5. RESULTADOS ESPERADOS			
5.1. Cero accidentes e incidentes en el área de trabajo. 5.2. Mantener en todo momento la orden y la limpieza del área de trabajo. 5.3. Vida economica del equipo dandole mayor eficiencia en su proceso de trabajo. 5.4. RESTRICCIONES: No iniciar la tarea si hay trabajos en simultaneos, No iniciar la tarea si los responsables Ing. Seguridad/ Residente , no se encuentran en palnta, No inicar la tarea si amerita el (PETAR) para trabajos de alto riesgo.			
6. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO:			
ANOMALIAS		POSIBLES CAUSAS	
Congelamiento de tubería		Baja presión de refrigerante	
Saturación de serpentín		bloques en la unidad condensadora. (altas temperaturas)	
		Verificación de presiones	
		Lavado y peinado de serpentín	
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
Ing SSMA: Eder Alvarado Cel		Residente: Luis Gonzales Ysl	
Fecha: 17/09/2020		Fecha: 17/09/2020	
		REVISADO POR:	
		SSMA:Nathaly Gilemister	
		Fecha: 17/09/2020	
		APROBADO POR:	
		Gestor de contratos: Omar Romani	
		Fecha: 17/09/2020	

№ 004897

CLIENTE O COMPAÑIA	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	97 Haxco
EQUIPO	A/A Ventana

O/C CLIENTE	
FECHA	27-08-20
SOLICITADO	

PREVENTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	INSPECCIÓN	
CORRECTIVO		GARANTÍA	
LLAMADA DE EMERGENCIA		OTROS	
CORRECTIVO DENTRO PREVENTIVO			

HORA INICIO	09:00 AM
HORA FIN	3:00 PM

DATOS DE LA UNIDAD	U. COND.	U. EVAP.
MARCA	YORK	
MODELO	X USC18-GR	
SERIE		
VOLTAJE	220	
TAG / EQUIPO		
CAPACIDAD	18,000 BTU	

DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO	
MARCA DEL BLOWER	
MARCA DEL FAN	
MODELO DE FAJA	
MARCA DE COMPRESOR	
MOD. DE COMPRESOR	

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO




TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR	✓	✓
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO	✓	✓
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR	✓	✓
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CARBES DE FUERZA Y MANDO	✓	✓
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR	✓	✓
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR	✓	✓
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE	✓	✓
MEDICIÓN DE PRESIONES	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL DRENAJE	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERMOSTATO	✓	✓
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE REJILLAS	✓	✓
REVISIÓN PERNERÍA EN GENERAL	✓	✓

DESCRIPTION	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1	7.20	6.9		
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1	1.1	1.1		
VENTILADOR 2				
BLOWER 1	1.1	1.1		
BLOWER 2				

VOLTAGE		
R-S	S-T	R-T
223	221	
R +	S +	T +

PRESIONES	
ALTA 1	
BAJA 1	
ALTA 2	
BAJA 2	

MANÓMETRO DE AGUA	
PRESIÓN	
TEMPERATURA	

BOMBA - AGUA		
R	S	T
		

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA		
MEDICIÓN DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVOS		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLEADO		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIDIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR		
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA		
REVISIÓN DE LOS RELAY		
LIMPIEZA DE BANDEJA		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
HUMIDIFICADOR	/	/	/
HUMIDIFICADOR	/	/	/

REQUIERE INTERVENCIÓN CORRECTIVA
SI ☐ NO ☐

Se cria grupo operativo

Requisito: el cobro de Seguro Nuevo ya que sus partes están oxidadas y mal estado

TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S
Romulo Quintero			

Attestation 3

FIRMA DEL CLIENTE

36055

FORMATO DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO Nº 008192

SAEG PERU S.A. Jr. Cabo Vén Escudado N. 534 - San Luis Tel: 715-5073 Fax: 324-0344 E-Mail: Cocceres@saeg.com

CLIENTE O COMPAÑIA Nova
UBICACION DEL EQUIPO Área: 25 HCC
EQUIPO Pagete (conservación comprado por agua)

O/C CLIENTE 148035576
FECHA 07-10-20
SOLICITADO

TIPO DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO ☒ INSPECCION
CORRECTIVO ☐ GARANTIA
LLAMADA DE EMERGENCIA ☐ OTROS
CORRECTIVO DENTRO/PREVENTIVO ☐

Requisito: R-22.

DATOS DE LA UNIDAD
MARCA Climate Master
MODELO REOSF000ADU8NOB
SERIE 4133260
VOLTAJE 220V
TIPO EQUIPO 7901-0125A2508
CAPACIDAD

DATOS DEL MOTOR ELECTRIC
MARCA DEL BLOWER Baldor 1HP
MARCA DEL FAN NA
MODELO DE FAJA 433
MARCA DE COMPRESOR Capitani Jeroft
MOD. DE COMPRESOR 2R54R3-1FD-230

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO El equipo se encontro apagado, Obstrucciones de residuos de polvo en el serpentín, poleas en el sistema eléctrico, se reemplazan los componentes eléctricos y mecánico en lo cual se encontro la faja y polea del rodete desprendido.

TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACIONES DE LOS CABLES DE FUERZA Y MANDO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MECION DE PRESIONES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRONICA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL DRENAJE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LOS FILTROS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DEL TERMOSTATO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE REJILLAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISION DE PERNERIA EN GENERAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DESCRIPCION	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1				
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
VENTILADOR 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
BLOWER 1				
BLOWER 2				

BOMBA - AGUA	R	S	T
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

PRESIONES	
ALTA 1	
BAJA 1	
ALTA 2	
BAJA 2	

MANOMETRO DE AGUA
PRESION 25 Psi
TEMPERATURA 25 °C

DESCRIPCION	R	S	T
RESISTENCIA 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
RESISTENCIA 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

DESCRIPCION	R	S	T
HUMIFICADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
HUMIFICADOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MECION DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LOS ACCESORIOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DE FALSOS CONTACTOS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
REVISION DE LOS RELAY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LIMPIEZA DE BANDEJA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOTAS Y OBSERVACIONES: Se realizó el mantenimiento preventivo, pruebas de funcionamiento del motor eléctrico donde se noto ruidos anormales.

Nota: Se requiere con urgencia desmontaje del rodete y motor eléctrico para en el momento, con el fin de cambiar el rodete y motor eléctrico para.

Se requiere instalar 4 Filtros tipo Carbon 16x20x2 Equipo INOPERATIVO!!

TECNICO/S	TECNICO/S	TECNICO/S	TECNICO/S
<u>Alfonso Ceballos</u>	<u>Thony Pizarro</u>	<u>Mano Pato</u>	
<u>David Roldán</u>	<u>Jose Pizarro</u>		
<u>William Gutierrez</u>	<u>Eduardo Vargas</u>		

FIRMA DEL CLIENTE

FORMATO DE MANTENIMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO

Nº 007030

SAEG PERU S.A. Jr. Cabo Yari Escobedo N° 834 - San Luis Tel: 041-3800 E-Mail: coacperes@saeg.com

BASE

CLIENTE O COMPAÑIA: *Nueva Cajamarca*
 UBICACIÓN DEL EQUIPO: *Casa 25*
 EQUIPO: *Aire acondicionado*

O/C CLIENTE: *148280464*
 FECHA: *10-09-20*
 SOLICITADO: *Jose Velazquez*

TIPO DE MANTENIMIENTO
 PREVENTIVO ☐ INSPECCIÓN ☐
 CORRECTIVO ☒ GARANTIA ☐
 LLAMADA DE EMERGENCIA ☐ OTROS ☐
 CORRECTIVO DENTRO/PREVENTIVO ☐

DURACIÓN DE ACTIVIDAD
 HORA INICIO: *9:30*
 HORA FIN: *12:30*

DATOS DE LA UNIDAD
 MARCA: *U. COND*
 MODELO: *U. EVAP*
 SERIE: *U. COND*
 VOLTAJE: *U. EVAP*
 TAG / EQUIPO: *B2510*
 CAPACIDAD: *B2510*

DATOS DEL MOTOR ELÉCTRICO
 MARCA DEL BLOWER
 MARCA DEL FAN
 MODELO DE PAJA
 MARCA DE COMPRESOR
 MOD. DE COMPRESOR

CONDICIONES ANTES DEL MANTENIMIENTO

Reductor *Desmontaje programado de Blower y Motor*

TRABAJOS REALIZADOS EN LA UNIDAD DEL EQUIPO	SI	NO
LIMPIEZA EXTERIOR DEL EVAPORADOR		
LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO		
LIMPIEZA DEL CONTACTOR DEL VENTILADOR		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLES DE FUERZA Y MANDO		
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR		
LIMPIEZA EXTERIOR DEL CONDENSADOR		
CONTACTOR DEL COMPRESOR FUNCIONA CORRECTAMENTE		
MEDICIÓN DE PRESIONES		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LA TARJETA ELECTRÓNICA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL DRENAJE		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DEL TERMOSTATO		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE REJILLAS		
REVISIÓN DE PERNERIA EN GENERAL		

DESCRIPCIÓN	R	S	T	FLA
COMPRESOR 1				
COMPRESOR 2				
VENTILADOR 1				
VENTILADOR 2				
BLOWER 1				
BLOWER 2				

VOLTAJE	R	S	T
490			
490			
490			
R S T			

PRESIONES	R	S	T
ALTA 1			
BAJA 1			
ALTA 2			
BAJA 2			

MANÓMETRO DE AGUA	R	S	T
PRESIÓN			
TEMPERATURA			

BOMBA AGUA	R	S	T
PRESIÓN			
TEMPERATURA			

TRABAJOS REALIZADOS EN LA RESISTENCIA	SI	NO
VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA		
MEDICIÓN DE AMPERAJE DE LA RESISTENCIA		
VERIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE COMPONENTES ELÉCTRICOS		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS RESISTIVOS		
VERIFICACIÓN Y REAJUSTE DE CABLEADO		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
RESISTENCIA 1			
RESISTENCIA 2			

TRABAJOS REALIZADOS EN EL HUMIDIFICADOR	SI	NO
LIMPIEZA DEL CONTACTOR		
LIMPIEZA DE LA RESISTENCIA		
REVISIÓN DE LOS RELAY		
LIMPIEZA DE BANDEJA		
VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA RESISTENCIA		

DESCRIPCIÓN	R	S	T
HUMIDIFICADOR			
HUMIDIFICADOR			

REQUIERE INTERVENCIÓN CORRECTIVA
 SI ☒ NO ☐

NOTAS Y OBSERVACIONES: *Se realizó desmontaje de Blower y motor Reductor*
en condiciones del equipo Jose Velazquez quedando el equipo listo
para su uso (no operativo por problemas de el motor y el control)
con el cableado correcto puesto en la mesa de trabajo control de mando
el equipo funciona y el ingeniero Jose Velazquez al tanto del trabajo
realizado















TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S	TÉCNICO/S
<i>Jorge Cordero</i>	<i>Jose Velazquez</i>	<i>Alonso Fajardo</i>	

RESPONSABLE DE SAEG PERU

FIRMA DEL CLIENTE

14903

J. Velazquez

MATRIZ DE EPPs												
N°	NOMBRE	EVIDENCIA FOTOGRÁFICA	DURABILIDAD MEDIA	DESCRIPCIÓN	NORMA	FABRICANTE	PROVEEDOR	OBJETIVO	DURABILIDAD Y CONSERVACIÓN	USO RECOMENDADO	MARCA	PROVEEDOR
1	CASCO PLÁSTICO TIPO JOCKEY		5 años / por deterioro	De material polietileno de alta densidad, provee una alta resistencia contra el impacto vertical. De tipo I, Clase E,GB.C. Color blanco. Está diseñado para soportar una tensión de ensayo de 20,000 a 30,000 voltios corriente alterna de 60 voltios.	ANSI Z89.1-2014	MSA	SEKUR	Para proteger la cabeza de caída de materiales y choques laterales, siendo su uso obligatorio en áreas de operativas.	Examine su casco en cuanto a ralladuras, deformaciones, manchas o fisuras. Si encuentra alguna de estas irregularidades sustituya inmediatamente su casco. Mantenga su casco siempre limpio y higienico, utilizando solamente jabón neutro y agua.	En áreas operativas: - Planta - Almacén - Talleres - Proyectos	3M	SOLTRAK
2	BARBIQUEJO ELÁSTICO		4 meses / por deterioro	Diseñado en plástico o elástico respectivamente, con gancho que se conecta a la suspensión del casco. Barbiquejo de 02 puntos.	-	MSA	SEKUR			En áreas operativas: - Planta - Almacén - Talleres - Proyectos	-	SOLTRAK
3	PROTECTOR DE OÍDO PARA CASCO		1 año / Por deterioro	Contiene almohadillas rellenas de goma-espuma que proporcionan comodidad y sellado. El protector auditivo HPI acoplado al casco se adapta a distintos visores y tiene un diseño con resortes que permite reducir la presión proporcionando así un alto nivel de confort. NRR=23dB.	ANSI S3.19-1974.	MSA	SEKUR				3M	SOLTRAK
4	GAFA PANORÁMICA		6 meses / Por deterioro	Diseño liviano con marcos de ventilación indirecta que permiten la circulación del aire. Montura blanda para aislamiento del ojo y una en la parte superior para absorción de impactos. Lente de policarbonato y marcos de polipropileno. Banda textil elástica. Amplio espacio que permite utilizar la gafa en conjunto con el anteojos de medida.	ANSI/SEA Z87.1-2010	MSA	SEKUR				MSA	SOLTRAK
5	RESPIRADOR 3M 7500		1 año / Por deterioro	Material de pieza facial de silicona y plástico resistente al calor. Válvula de exhalación 3M Cool Flow II diseño de la válvula facilita la respiración y ayuda a reducir el calor y la humedad dentro la pieza facial. Además de uso dual para ser utilizado en la forma tradicional o en modo descendente (drop-down).	NIOSH 42 CFR	MSA	SEKUR				3M	SOLTRAK
6	CARETA FACIAL		5 meses / Por deterioro	Proporciona protección contra salpicaduras químicas. Apto para diversas aplicaciones en donde existe peligro de salpicaduras químicas. Con adaptador para visor y barbilla.	ANSI/SEA Z87.1-2010	MSA	SEKUR				-	SOLTRAK
7	GUANTE D/NITRILLO ANTICUERO 12		1 mes / Por deterioro	Guantes resistentes a químicos de nitrilo verde (Nitrilo 100%), para uso en laboratorio. Ideales para proteger al contacto con combustibles, solventes y grasas, con un excelente nivel de agarre, destreza y comodidad.	EN 420:2003 (Requeriment generales) EN 374:2003 (Riesgos químicos y microbiológicos)	ANSELL	SEKUR				-	SOLTRAK
8	GUANTE DE BADANA		1 mes / Por deterioro	Guantes de badana.	EN 388:2003 (Riesgos mecánicos)	INDUSTRIAS MANRIQUE	INDUSTRIAS MANRIQUE				TECSEG	SOLTRAK
9	ZAPATO DIELECTRICO CON PUNTA ACRÍLICA		6 meses	Resistencia al desgaste, antideslizante y dielectrico con puntera acrílica.	ANSI Z41	INDUSTRIAS MANRIQUE	INDUSTRIAS MANRIQUE					SOLTRAK / IMARK
10	TRAJE DESCARTABLE		Diario	Traje descartable impermeable a líquidos y partículas. También resistentes productos químicos de baja peligrosidad y peligros biológicos. Capucha.	Tipo 5: UNE EN ISO 13982-1 (y 2) Tipo 6: UNE EN 13034 UNE EN 14126 EN 1073-2 EN1449-5 DIN 32781	MICROGARD	MEGAREP				-	SOLTRAK
11	TRAJE DE PROTECCION PARA QUÍMICOS		Semanal	Buzo Microchem 3000 de Microgard, fabricado con tejido de 3 capas suave y flexible, con fuertes costuras soldadas y una eficaz barrera química contra la mayoría de productos químicos inorgánicos. Sistema de doble cremallera que asegura un sellado impermeable a líquidos. Doble puños para poner una goma y así permitir una unión impermeable a líquidos con grantes, con capucha.	Tipo 3-4: UNE EN 14601 Tipo 5: UNE EN ISO 13982-1(8,2) EN14126 EN1073-2 UNE EN 1149-5	MICROGARD	Microchem	s. Sistema de doble cremallera que asegura un sellado impermeable a líquidos. Doble puños para poner una goma y así permitir una unión impermeable a líquidos con grantes, con capucha.			-	SOLTRAK
12	OVEROL ANTI FLAMA		6 meses	Confeccionado en tela Drill Anti flama de 9 onzas, CAROLINA PROTECT TWILL 300, 100% Algodón de Alta Tenacidad. COLOR AZUL, Protección contra FUEGO REPENTINO Y ARCO ELÉCTRICO. Nivel de Riesgo HRC 2. ATPV- 13.2 cal/cm2.	CERTIFICADOS DE TELA: NFPA 70E, NFPA 2112, NFPA 1977, ASTM F1506.	BAVELA	BAVELA				Arctex	QSESAC
13	ARNES MULTIPROPOSITO/ARNE S PARA POSICIONAMIENTO Y DETECCIÓN DE CAÍDA		12 Meses	Amrés de cuerpo entero usado como parte de un sistema de detención de caída y restricción (argolla dorsal en metal) Posicionamiento (argolla lateral eléctrica) y sistema de descanso controlado (argolla frontal eléctrica)	ANSI Z359 2007 Z-349.1 104 A	MSA		Para proteger la caída de personas de los trabajos en altura mayor a 1.80 mt.		En áreas operativas: - Planta - Almacén - Talleres - Proyectos	MSA	ARSEG
14	CHALECO REFLECTIVO		6 meses	Chaleco color anaranjado 100% poliéster tecnología, con cinta reflectiva 3M 8910 plomo-plata de 2" según norma ANSI 107.	Norma ANSI 107, EN471 y NFPA (para ropa reflectiva)						-	CONFECCIONES BILL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), ROXANA YESSICA HUILLCA PANIURA, RUTH JERI GUILLEN estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, EN UNA EMPRESA METALÚRGICA, LIMA-PERÚ, 2020.", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el :

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
ROXANA YESSICA HUILLCA PANIURA DNI: 45337632 ORCID 0000-0003-2036-4795	Firmado digitalmente por: RHUILLCA el 29 Dic 2020 18:47:57
RUTH JERI GUILLEN DNI: 70378831 ORCID 0000-0003-4129-3797	Firmado digitalmente por: JERIGU el 29 Dic 2020 15:51:37

Código documento Trilce: